

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Будзан Андрій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91

(індекс)

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

«Технологія виготовлення деталі «Вал 106.30.10.193»»

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

А.М.Будзан

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник: Шуляр Ірина Орестівна, к.т.н., доцент

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

Допущено до захисту

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

В. Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«___» _____ 20__ року

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Будзану Андрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Технологія виготовлення деталі «Вал 106.30.10.193»»

Керівник роботи: Шуляр Ірина Орестівна, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом закладу вищої освіти від “06” червня 2025 року №332 / 7

2. Строк подання студентом роботи 15 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення деталі, 2. Базовий технологічний процес
3. Тип виробництва – середньосерійний

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина

2. Конструкторська частина

3. Розробка керуючої програми для верстату з ЧПК

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

1. Карта налагодження – 1 лист А1

2. Креслення верстатного пристрою 2 листи А1

3. Керуюча програма для верстату з ЧПК 2 листи А1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Шуляр І.О., доцент каф. КМВ		
2	Шуляр І.О., доцент каф. КМВ		
3	Шуляр І.О., доцент каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Технологічна частина	10.03.2025	
2	Конструкторська частина	15.04.2025	
3	Розроблення керуючої програми	15.05.2025	
4	Оформлення ПЗ та графічної частини	07.06.2025	

Студент _____
(підпис)

Будзан А.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Шуляр І.О.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологія виготовлення деталі “Вал 106.30.10.193”».

Розрахунково-пояснювальна записка на 120 сторінках і містить: 50 рисунків, 20 таблиць, 11 посилань на літературні джерела, 33 аркуші ф. А4 додатків.

Графічна частина: 5 аркушів формату А1.

Об’єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь “ Вал 106.30.10.193”

Мета роботи – розробити технологію виготовлення вала 106.30.10.193, що забезпечить його виготовлення з мінімальними затратами, а також відповідно розробленому технологічному маршруту сконструювати спеціальний верстатний пристрій для базування і закріплення деталі на фрезерній операції, скласти керуючу програму для верстата з ЧПК.

Для досягнення поставленої задачі проведено аналіз конструкції деталі, її призначення, вибрано відповідно типу виробництва оптимальний спосіб отримання заготовки (куванням) та по рекомендаціях технічної літератури розроблено проектний маршрут механічної обробки. В конструкторській частині для закріплення деталі на горизонтально-фрезерній операції (030) розроблено спеціальний верстатний пристрій. В 3 розділі розроблено керуючу програму для верстату з ЧПК. В додатках наведена уся необхідна технологічна документація.

Результати роботи можуть бути використані в машинобудівній галузі.

Ключові слова: заготовка, деталь, технологічний процес, режими різання, норми часу, операція, інструмент, обладнання, пристрій.

Студент: Будзан А.М.

SUMMARY

qualifying bachelor's work: "Manufacturing technology of the part "Shaft 106.30.10.193".

The explanatory note is 120 pages long and contains: 50 figures, 20 tables, 11 references to literary sources, 33 sheets of A4 applications.

Graphic part: 5 sheets of A1 format.

The object of research is the technological process of machining.

The subject of research is the part "Shaft 106.30.10.193"

The purpose of the work is to develop a technology for the manufacture of shaft 106.30.10.193, which will ensure its manufacture with minimal costs, and also, in accordance with the developed technological route, to design a special machine tool device for basing and fixing the part on the milling operation, to compile a control program for a CNC machine.

To achieve this task, we analyzed the design of the part, its purpose, selected the optimal method of obtaining the workpiece (forging) in accordance with the type of production, and developed a design route for machining according to the recommendations of technical literature. In the design part, a special machine tool device was developed for fixing the part on the horizontal milling operation (030). In Chapter 3, a control program for a CNC machine was developed. All the necessary technological documentation is provided in the appendices.

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

Keywords: *workpiece, part, technological process, cutting modes, time standards, operation, tool, equipment, device.*

Student: Budzan A.M.

ЗМІСТ

Вступ

1. Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі

1.1.1 Опис, призначення та конструкція деталі

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.1.3 Визначення програми випуску деталей і кількості деталей в партії

1.2 Аналіз базового техпроцесу

1.2.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

1.2.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

1.2.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту обробки

1.3 Розробка операційної технології

1.3.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

1.3.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів

1.3.3 Розрахунки, що пов'язані з підготовкою карти налагодження та керуючої програми

1.3.4 Нормування технологічного процесу

2 Конструкторська частина

2.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

2.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

2.3 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість

2.3.1 Розрахунок пристрою на міцність

2.3.2 Розрахунок пристрою на зносостійкість

2.4 Розрахунок пристрою на точність і довговічність

2.5 Розрахунок рівня уніфікації пристрою

3 Розроблення керуючої програми з ЧПК

Висновок

Список використаної літератури

Додатки

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата				
Розроб.		Будзан А.М.			Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Шуляр І.О.				н	1	
Реценз.						ІФНТУНГ		
Н. контр.		Шуляр І.О.				ПМ-23-1К		
Затв.		Панчук В.Г.						

ЗМІСТ

Вступ

1. Технологічна частина

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі

1.1.1 Опис, призначення та конструкція деталі

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.1.3 Визначення програми випуску деталей і кількості деталей в партії

1.2 Аналіз базового техпроцесу

1.2.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

1.2.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

1.2.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту обробки

1.3 Розробка операційної технології

1.3.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

1.3.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів

1.3.3 Розрахунки, що пов'язані з підготовкою карти налагодження та керуючої програми

1.3.4 Нормування технологічного процесу

2 Конструкторська частина

2.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

2.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

2.3 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість

2.3.1 Розрахунок пристрою на міцність

2.3.2 Розрахунок пристрою на зносостійкість

2.4 Розрахунок пристрою на точність і довговічність

2.5 Розрахунок рівня уніфікації пристрою

3 Розроблення керуючої програми з ЧПК

Висновок

Список використаної літератури

Додатки

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата				
Розроб.		Будзан А.М.			Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Шуляр І.О.				н	1	
Реценз.						ІФНТУНГ		
Н. контр.		Шуляр І.О.				ПМ-23-1К		
Затв.		Панчук В.Г.						

ВСТУП

Базове підприємство ВАТ “Локомотиво-ремонтний завод” відноситься до залізничної системи держави і виготовляє запасні частини та складальні одиниці до рухомого складу поїздів та виконує ремонт локомотивів та рухомого складу поїздів.

Розроблювана тема відноситься до колісної пари рухомого складу приміських пасажирських поїздів, а власне, до виготовлення деталі 106.30.10.193 - вала.

Мета проекту - розробка економічного техпроцесу виготовлення згаданої деталі в умовах середньосерійного виробництва в порівнянні з базовим.

Поставленої мети досягається застосуванням економічної заготовки, верстатів з ЧПК для забезпечення стабільної якості деталей, пристроїв з механізованим приводом та різального інструменту, що забезпечує застосування прогресивних режимів різання у відповідності з високими можливостями застосованого обладнання.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Конструкторсько-технологічний аналіз виробництва деталі

1.1.1 Опис, призначення та конструкція деталі

Деталь - вал - 106.30.10.193 входить до складу колісної пари рухомого складу пасажирських поїздів разом з механізмом відбору потужності, до котрого вона належить, і призначений для передачі пружного моменту.

Конічні поверхні конусністю 1:10 призначені для розміщення: поверхні 13 - зубчастого колеса, поверхні 14 - шестерні.

Поверхні 11 і 12 призначені для розміщення підшипників, в поверхнях 7-8 розміщена і закріплена гвинтами за різьбові отвори 36 кришка з захисним кожухом, в різьбовій поверхні 24 розміщена мастильниця, з котрої мастило через отвір 25 і 26, канавку 32 та канали шестерні поступає на її зуби.

Потовщення на валу у вигляді конічної поверхні 13 розміщене не симетрично.

Більшість зовнішніх поверхонь вала є високої точності та низької шорсткості:

- поверхня 11 і 12 - $\varnothing 90m6\left(\begin{smallmatrix} +0,035 \\ +0,013 \end{smallmatrix}\right)$, Ra 0,8 мкм;
- поверхня 14, конусністю 1:10 з розміром поверхні 11, Ra 1,6 мкм;
- поверхня 13- $\varnothing 140h9(-0,1)$, конусністю 1:10, Ra 1,6 мкм.

Точність конічних поверхонь за ГОСТ 8908-81. Внутрішня циліндрична поверхня 7- $\varnothing 80H9\left(\begin{smallmatrix} +0,074 \\ \end{smallmatrix}\right)$, Ra 3,2 мкм. Габаритні розміри деталі: $\varnothing 140 \times 310$ мм, маса деталі 19,8 кг.

Матеріал деталі - сталь 45 ГОСТ 1050-88 (даний документ втратив чинність, натомість застосовується ДСТУ 7809:2015).

Термічна обробка - покращення до 285 НВ.

Опис конструкції деталі приведений в таблиці 1.1, хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі - в таблицях 1.2 та 1.3.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Опис конструкції деталі

№ поверхні	Конфігурація та службове призначення поверхонь	Розміри, мм	Квалітет точності, допуск, мм	Ступінь точності форми та розміщення поверхонь, мм	Шорсткість, Ra, мкм
1	2	3	4	5	6
1-2 3	Торець. Вільний Внутрішня конічна поверхня. Вільна	310 Ø43x120°	-1,0 H14(+0,62)±t/2 (±1°)		12,5 - 12,5
4	Внутрішня конічна поверхня. Вільна	Ø28x120°	H14(+0,52)±t/2 (±1°)		12,5
5	Внутрішня конічна поверхня. Основна технологічна база	Ø21,2x60°	H14(+0,52) -30°		6,3
6	Внутрішня конічна поверхня. Допоміжна конструкторська база	Ø36x60°	H14(+0,062) -30°		6,3
7	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна конструкторська база	Ø80	H9 (+0,074)		3,2
8	Торець. Допоміжний. Для розміщення кришки	5	+0,3	Допуск торцевого биття відносно осі поверхні 7 0,1мм	12,5
9	Фаска. Вільна	0,5x45°	±t/2 (±0,1×t1°)		12,5
10	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна	Ø24	+0,40		12,5
11,12	Зовнішня циліндрична поверхня. Допоміжна база	Ø90	m6 ^(+0,035) _(+0,013)	Допуск радіального биття відносно осі центрів 0,016 мм	0,8
13	Зовнішня конічна поверхня. Виконавча	Ø140 1:10	h9(-0,1) T7 ГОСТ 8908-81	Допуск радіального биття відносно осі центрів 0,05 мм	1,6
14	Зовнішня конічна поверхня. Виконавча	1:10	AT7 ГОСТ 8908-81	Допуск радіального биття відносно осі центрів 0,04 мм	1,6
15-16	Торець. Вільний	80	h14 (-0,74)		12,5
17-18	Торець. Вільний	102	h14 (-0,87)		12,5

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6
19-20	Канавка. Вільна	3×5×0,5	H14(+0,25) ±t/2 (±0,2) ±t/2 (±0,1)		12,5
21-22	Торець. Вільний	1	±t/2 (±0,1)		12,5
23	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна. Для нарізання різьби	Ø22,43	+0,22		6,3
24	Внутрішня різьбова поверхня. Допоміжна. Для розміщення мастильниці	M24x1,5	6A		6,3
25-26	Внутрішня циліндрична поверхня. Вільна	Ø5	H14 (+0,3)		12,5
27-28	Зовнішня циліндрична поверхня. Вільна	Ø105	h14 (-0,87)		12,5
30-32	Площина. Вільна	92	h14 (-0,87)		12,5
33	Внутрішня циліндрична	Ø13,9	+0,3		3,2
33	Внутрішня циліндрична поверхня. Допоміжна. Для нарізання різьб	Ø13,9	+0,3		3,2
34,35	Фаска. Вільна	1,6x45°	±t/2 (±0,2x±1°)		12,5
36	Внутрішня різьбова поверхня. Допоміжна. Для розміщення гвинтової частини гвинтів.	M16	6A		3,2
37	Канавка	6	+0,5		12,5

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Вміст елементів, %					
C	Si	Mn	Cr	S	P
0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,25	0,040	0,0355
Не більше					

Таблиця 1.3 - Механічні властивості сталі 45 ДСТУ 7809:2015

Межа міцності, МПа	Межа текучості, МПа	Відносне здовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість	Твердість, Не більше	
					Без термообробки	покращеної
σ_b	σ_m	σ_z	Ψ	KCU	HB	
598	353	16	, 40	490	229	-
([8], Т1, таблиця 15, ст. 112)						
750	450	13	38	490	-	285

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Матеріал деталі - сталь 45 ДСТУ 7809:2015.

Форма деталі: вал з асиметричним потовщенням.

Заготовку деталі можна отримати:

- з прокату, різанням його на мірні заготовки;
- куванням на молотах та пресах;
- гарячим штампуванням на кривошипних гарячоштампувальних машинах.

Висновок: за можливістю отримання заготовки деталей технологічна.

За конструкцією, обробка основних поверхонь повинна здійснюватися в центрах котрі і є, за вимогами креслення - основною технологічною і конструкторською базою.

Обробку в центрах поверхонь обертання можна здійснювати на верстатах токарної групи, остаточну - шліфувальної, або токарної високої точності.

На прохід можна обробляти конічні поверхні 13 і 14, решта поверхонь обмежена з одного боку.

Відносно потовщення (поверхня 13) в бік торців розміри вала зменшуються (поверхні 27 і 28, поверхні 11 і 12). Конструкцію вала змінювати, без зміни вузла, куди він входить не можливо.

Попередні канавки мають форму, що можна обробляти їх на верстатах з ЧПК, але не на гідрокопіювальних верстатах.

Жорсткість вала висока ($1/a=310/90=3,44>10$) і можна застосовувати прогресивні режими різання і отримати поверхні з високою точністю.

Обробку площин 29..32 можна виконувати на верстатах фрезерної, розточної групи та на багатоцільових верстатах. Обробку поверхонь в торцях:

- поверхні 7,8,9 - на верстатах токарної чи розточної групи;
- поверхні 10,23,24,25 - на верстатах токарної чи свердлильної групи;
- поверхні 33,35,36 - на верстатах свердлильної чи розточної групи.

Обробку отвору 26 - на верстатах свердлильної групи. Для покращення спів падання осей поверхні 26 і 25, отвір 25 збільшити до діаметра 6мм.

Висновок - за можливістю обробки на металорізальних верстатах деталей технологічна.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Для обробки поверхонь, що обробляються поза центрами, потрібно застосувати спеціальні пристрої.

На кресленні відсутні деякі розміри і шорсткості елементів центрових отворів - вони прийняті за довідниками.

Коефіцієнт оброблюваності сталі 45 при $\sigma_s=750$ МПа:

$$KVM=1, ([18], \text{ст. 21}). \quad (1.1)$$

Висновок:

1. За всіма параметрами деталь технологічна.
2. Для обробки поверхонь 6-го квалітету точності потрібні верстати: токарний - високої точності, або шліфувальний.
3. Для виготовлення деталі частково потрібні спеціальні пристрої середньої складності.

1.1.3 Визначення програми випуску деталей і кількості деталей в партії

Заданий тип виробництва – середньосерійний.

Режим роботи підприємства - 2 зміни на добу.

Дані базового техпроцесу наведені в таблиці 1.4

Таблиця 1.4 - Трудомісткість операцій

№ операції	Назва операції	Модель верстату	$T_{ум}, \text{хв}$
005	Горизонтально-розточна	2Л614	31,28
010	Токарно-гвинторізна	1М63	12,33
015	Токарно-гвинторізна	16К20	47,29
020	Горизонтально-фрезерна	6Р83Г	5,12
025	Радіально-свердлильна	2М55	22,77
030	Вертикальна-свердлильна	2А125	3,64
035	Круглошліфувальна	3М151	4,73
	Всього		116,56

Число операцій $n=7$, сумарний штучний час $\Sigma T_{ум}=116,56$ хв.

Середній штучний час:

$$T_{ум.ср} = \frac{\Sigma T_{ум}}{n} = \frac{116,56}{7} = 16,65 \text{ хв.} \quad (1.2)$$

Такт випуску деталей:

$$t_e = k_p \cdot T_{ум.ср} = 15 \cdot 16,65 = 249,75 \text{ хв.} \quad (1.3)$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

де k_3 - коефіцієнт закріплення операцій. Для заданого типу виробництва:
 $10 < k_3 < 20$. Приймаємо $k_3 = 15$.

Річна програма випуску деталей:

$$N = \frac{F_\delta \cdot 60}{t_\delta} = \frac{3900 \cdot 60}{249,75} = 937 \text{ шт}, \quad (1.4)$$

де F_δ - дійсний фонд робочого часу устаткування; $F_\delta = 3900$ год.

Розрахункова кількість деталей у партії:

$$n_\delta = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{937 \cdot 24}{251} = 90 \text{ шт}, \quad (1.5)$$

де a - періодичність запуску виробів, $a = 24$ дні

F - число робочих днів у році (2008), $F = 251$ день.

Розрахункове число змін на обробку партії деталей:

$$C = \frac{T_{\text{ум.сп}} \cdot n_\delta}{480 \cdot 0,8} = \frac{16,65 \cdot 90}{180 \cdot 0,8} = 3,9 \text{ змін}, \quad (1.6)$$

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

0,8 - нормативний коефіцієнт завантаження верстатів у серійному виробництві.

Приймаємо кількість змін - 4.

Приймаємо кількість деталей у партії:

$$n_\delta = \frac{C_{\text{пр}} \cdot 480 \cdot 0,8}{T_{\text{ум.сп}}} = \frac{4 \cdot 480 \cdot 0,8}{16,65} = 92,3 \text{ шт}. \quad (1.7)$$

Приймаємо 92 шт уточняємо програму випуску для кратності її до партії запуску, число запусків:

$$i = \frac{N}{n_\delta} = \frac{937}{92} = 10,18, \text{ приймаємо } i = 10. \quad (1.8)$$

$$N = i \cdot n_\delta = 10 \cdot 92 = 920 \text{ шт} \quad (1.9)$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Аналіз базового техпроцесу

1.2.1 Техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки

Базову заготовку отримують різанням сортового прокату $\varnothing 150$ мм на штучні заготовки. Розмір базової заготовки $\varnothing 150 \times 315_{-1,4}$ мм. Маса базової заготовки $M_{зб}=43,8$ кг. Норма витрат матеріалу (з врахуванням відходів на відрізання) $M_{\phi}=45,8$ кг. Коефіцієнт використання металу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\phi}}{M}; \quad (1.10)$$

для базової заготовки $K_{\text{вм}}=0,43$.

Перед поступленням в механічний цех заготовку підлягають термообробці (покращення), якщо прокат поступає без заданої термообробки.

Як альтернативні заготовки розглянемо, з метою збільшення $K_{\text{вм}}$;

- кованку, що виготовляється вільним куванням на молотах - ГОСТ 7829-70;
- кованку штамповану - ГОСТ 7505-89.

Розглянемо кованку за ГОСТ 7829-70, ескіз приведений на рисунку 1.1.

Призначення припусків і граничних відхилень:

- на $\varnothing 90$ - 8 ± 2 мм;
- на $\varnothing 105$ - 9 ± 3 мм;
- на $\varnothing 140$ - 10 ± 3 мм.

На загальну довжину припуск приймається з коефіцієнтом 2,5 від розмірів найбільшого діаметра (довжини):

$$L=310 \text{ мм};$$

$$\delta_L=10 \cdot 2,5=25 \text{ мм};$$

$$\pm \frac{\Delta}{2}=3 \cdot 2,5=\pm 7,5;$$

$$L=335 \pm 7,5 \text{ мм};$$

$$\text{припуск на торцях } \frac{\delta_L}{2}=12,5 \text{ мм.}$$

На бокові поверхні припуск становить:

$$0,75 \cdot \delta_{\text{max}}=0,75 \cdot 10=7,5 \text{ мм.}$$

Допуск на розміри уступів:

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l_i = \pm 1,5 \cdot \frac{\Delta}{2} = \pm 4,5.$$

Всі бокові поверхні виконуються під кутом 7° . За основний розмір кованки приймаємо $\varnothing 90$ довшого ступеню. На нього призначаються додаткові припуски, на всі решта додатковий припуск становить: на $\varnothing 90$ (короткий) - 4 мм, $\varnothing 140$ - 4 мм, $\varnothing 105$ - 3 мм.

Перевіримо можливість виконання буртів:

- $\varnothing 195 \times 11$ мм:

$$\text{зліва} - h'_1 = \frac{117 - 102}{2} = 7,5 \text{ мм} > \text{допустимого мінімального};$$

$$h'_4 = \frac{117 - 98}{2} = 9,5 > 5 \text{ мм};$$

- $h'_2 = h'_3 = \frac{154 - 117}{2} = 18,5 > 5$ мм- за цим параметром всі бурти можна виконати.

За довжиною буртів - умова: $l_i \geq 0,3B_\phi$, $B_\phi = 110$ мм, мінімальна довжина ступеню: $l_i = 0,3 \cdot 100 = 30$ мм.

Бурти $\varnothing 117$ мм і $l = 11$ мм, виконати не можливо. Необхідно на $\varnothing 140$ з боків зробити напуски для перекриття розмірів буртів. Решта буртів - можна виконати.

Скоси на торцях заготовки від обрубубання кованки виконуються під кутом 7° . Відкоректований ескіз кованки наведений на рисунку 1.2.

У відкоректованій заготовці змінилася основна поверхня (за більшим значенням $D \cdot l$), ним стала поверхня $\varnothing 90$, тоді $D_{max} = 150 \pm 3$ мм, $D_3 = 102 \pm 2$ мм.

Номінальна маса заготовки:

$$M_{к.к.} = \rho \cdot V_k, \text{ кг} \quad (1.11)$$

де ρ - густина матеріалу $7,85 \cdot 10^{-6}$ кг/мм³, об'єм кованки:

$$V_k = V_1 + V_2, \text{ мм}^3;$$

$$V_k = \frac{\pi}{4} [150^2 \cdot 117 + 102^2 \cdot (174 + 44)] = 4335633 \text{ мм}^3;$$

$$M_{к.к.} = 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 4335633 = 34 \text{ кг};$$

$$K_{GM} = \frac{19,8}{34} = 0,582.$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

K_{em} вищий від заготовки з прокату, але не достатній ($\approx 40\%$ металу іде в стружку при розрахунках за номінальними розмірами).

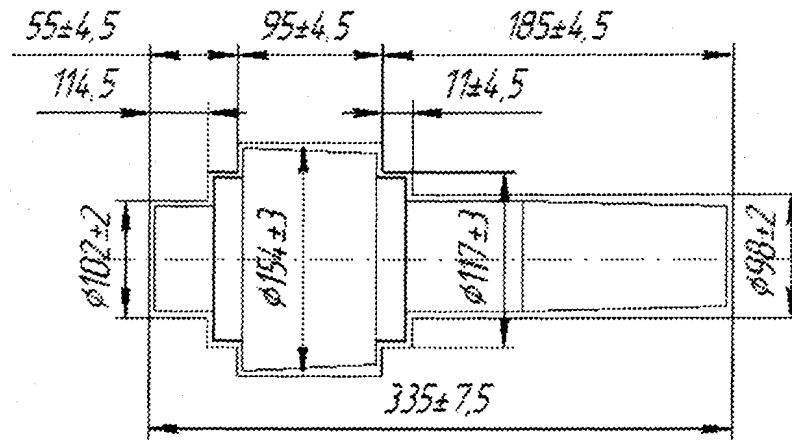


Рисунок 1.1- Попередній ескіз заготовки

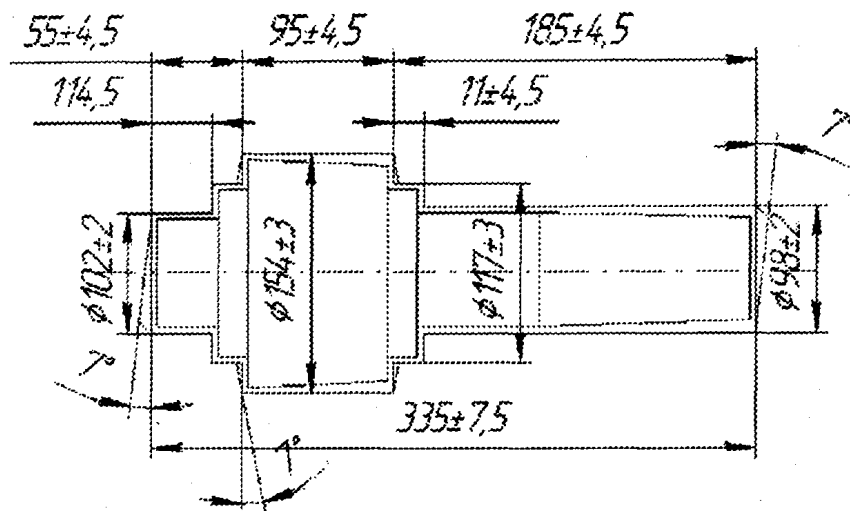


Рисунок 1.2 - Остаточний ескіз заготовки

Розробка кованки за ГОСТ 7505-89 за:

1. Клас точності кованки Т4 - на горизонтальних кувальних машинах (таблиця 19, ст. 28).

2. Ступінь складності залежить від коефіцієнту відношення маси кованки до маси фігури, що описує кованку :

$$K_{em} = \frac{M_k}{M_f}; \quad (1.12)$$

Маса кованки:

$$M_k = K_p \cdot M_0, \text{ кг} \quad (1.13)$$

де $K_p = 1,4$ (таблиця 20, ст. 31);

$$M_k = 1,4 \cdot 19,8 = 27,12 \text{ кг.}$$

					Арк.	
					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса фігури:

$$M_{\phi} = (1,05 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 140^2 \cdot 310) \cdot 7,85 \cdot 10^{-6} = 39,33 \text{ кг};$$

$$K_{\text{ем}} = \frac{27,72}{39,33} = 0,704;$$

$K_{\text{ем}} > 0,63$ - ступінь складності кованки С1.

3. Група сталі М2 - масова доля вуглецю більше 0,35%, сумарна масова доля легуючих елементів до 1,17%.

4. Конфігурація поверхні рознімання П.

5. Вихідний індекс 14

6. За розмірами деталей та вихідним індексом визначаємо основні припуски на механічну обробку (таблиця 3, ст. 12, 13),

- додатковий припуск, - за масою і класом точності, мінімальні радіуси (таблиця 7, ст. 15). Розрахунок розмірів кованки поданий в таблиці 1.5.

7. За розмірами кованки та вихідним індексом визначаємо допуски. Ескіз кованки наведений на рисунку 1.3. Маса штампованої кованки: Порівняння вартості заготовок:

$$M_{\text{шк}} = 7,85 \cdot 10^{-6} [95^2(32,25 + 180,5) + 111^2(11,25 + 11,25) + 147^2 \cdot 84,5] \cdot \frac{\pi}{4} = 24,8, \text{ кг}$$

$$K_{\text{ем}} = \frac{19,8}{24,8} = 0,798.$$

Порівняння вартості заготовок:

$$C_3 = M_3 C_{1T} - (M_3 - M_0) - C_{1T.відх}, \text{ грн.} \quad (1.14)$$

Ціни:

1 т відходів - 1800 грн.

1 т прокату - 22320 грн.

1 т кованих кованок - 41100 грн.

1 т штампованих кованок - 41100 + ціна штампів.

При ціні комплекту штампів 90 тис. грн. та мінімальній стійкості $n=3000$ дет:

$$C_{\text{штам}} = \frac{90000}{3000} = 30 \text{ грн};$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$C_{з.пр} = 45,84 \cdot \frac{22320}{1000} - (45,8 - 19,8) \cdot \frac{1800}{1000} = 976,35 \text{ грн};$$

$$C_{з.к.к.} = 34 \cdot \frac{41100}{1000} - (34 - 19,8) \cdot \frac{1800}{1000} = 1371,84 \text{ грн};$$

$$C_{з.ш.к.} = 24,8 \cdot \frac{41100}{1000} - (24,8 - 19,8) \cdot \frac{1800}{1000} + 30 = 1034,28 \text{ грн.}$$

Якщо врахувати, що в вартість заготовки з прокату не входить вартість операцій по підготовці заготовки до механічної обробки: відрізання та термообробка, що приблизить її вартість до вартості штампованої кованки, то до подальшої розробки доцільно брати штамповану кованку за вищим $K_{вм}$ та меншою трудоемкістю механічної обробки.

Таблиця 1.5 - Розрахунок розмірів заготовки

№ поверхні	Назва параметрів	№ поверхонь, розміри					
		13	7, 11, 14	27, 28	1-2	15-16	17-18
	Позначення поверхні	D_1	D_2	D_3	L	l_1	l_2
1	2	3	4	5	6	7	8
Деталь							
1	Розмір, мм	Ø140	Ø90	Ø105	310	80	102
2	Квалітет	9	6	14	14	14	14
3	Шорсткість Ra, мкм	1,6	0,8	12,5	12,5	12,5	12,5
Заготовка							
4	Клас точності	T4	T4	T4	T4	T4	T4
5	Допуск T, мм	3,2	1,8	3,2	2-5* ³	2,8	3,2
6	Відхилення, мм	+2,1 -1,1	+0,5 -1,3	+2,1 -1,1	+10	+1,8 -1,0	+2,1 -1,1
7	Позначення припуску	2Z1	2Z2	2Z3	2Z4	2Z5	2Z6
3	Основний припуск, мм	2·2,5	2·2,2	2·1,9	2·2,2	2·1,7	2·1,9
9	Додатковий припуск, мм	2·0,5 2·0,6	-	2·0,5 2·0,6	2·0,6	2·0,6	2·0,6
10	Запальний припуск, мм	2·3,6	2·2,2	2·3,0	2·2,8	2·2,3	2·2,5
11	Розрахунковий розмір, мм	147,2	94,4	111	315,6	84,6	107
12	Виконавчий розмір заготовки, мм	147,2 ^{+2,1} _{-1,1}	95 ^{*2+0,5} _{-1,3}	111 ^{+2,1} _{-1,1}	315,5+10	84,5 ^{+1,8} _{-1,0}	107 ^{+2,1} _{-1,1}

* враховує зміщення і короблення кованки;

*² розмір прокату;

*³ відповідно пункт 5, 6 ГОСТ 7505-89 (ст. 16).

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

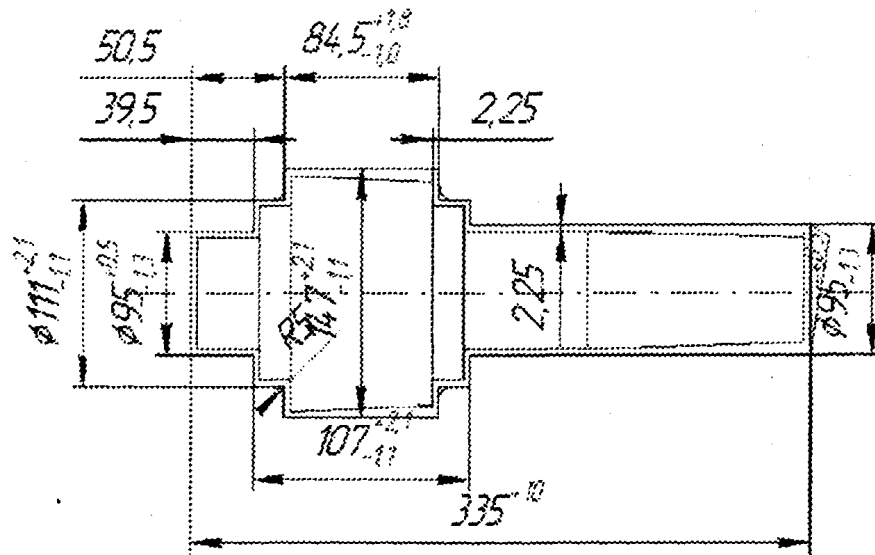


Рисунок 1.3- Ескіз штампувальної кованки

1. 241...285HB;
2. Кованка групи сталі М2, ступінь складності С1, класу точності Т4
ГОСТ 7505-89;
3. Вихідний індекс 14 за ГОСТ 7505-89;
4. Форма поверхні П - плоска;
5. Допустиме зміщення на поверхні рознімання $\pm 0,6$ мм;
6. Допустимі відхилення вигнутості ± 0.6 мм;
7. Не вказані радіуси заокруглення R4;
8. Штампувальні нахили до 5° ;
9. Решта технічних вимог за ГОСТ 7505-89.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

1.2.2 Опис та аналіз базового технологічного процесу

Технології обробки за базовим тех. Процесом наведені в таблиці 1.6.

Інші можливі варіанти обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити задану точність і шорсткість поверхонь на точність їх розміщення - в таблиці 1.7.

Маршрути механічної обробки деталі і зміст операцій (базовий технологічний процес) - в таблиці 1.8.

Таблиця 1.6 - Технологія обробки поверхонь за базовим технологічним процесом

№ поверхні	Перехід механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз	Параметр точності взаємного розташування поверхонь, який при цьому забезпечується
1,2 3,4 5,6 7	Фрезерування, свердління, центрувати, розточування чистове і чорнове	Горизонтально-розточний 2Л614, кріпильні деталі	1, 11,12	
8	Розточування			Допуск торцевого биття відносно осі - 0,1 мм
9	Розточування			
27, 28	Точіння попереднє і остаточне	Токарно-гвинторізний 1М63, патрон повідковий, центри	1(2) 5,6 (ц.о.)	
13,11 12,14	Попереднє і чорнове точіння			
15..18	Підрізання одноразове			
19,20	Точіння одноразове			
13, 14	Точіння чистове і остаточне	Токарно-гвинторізний 16К20, патрон повідковий, центри	1(2) 5,6 (ц.о.)	Допуск радіального биття відносно осі центрів, відповідно 0,05 мм та 0,04 мм
11,12 37,34	Точіння чистове, точіння одноразове			
29,30 31,32	Фрезерування одноразове	Горизонтально-фрезерний 6Р83Г, кріпильні деталі	11,12,15	
10,23 25 24	Розсвердлювання, свердління, нарізання різьби мітчиком	Радіально-свердильний 2М55, підставка з 3 кул. патроном, кондуктор накладний	12,17	
33 34 35	Свердління по кондуктору, зенкування, нарізання різьби мітчиком			11,18
11, 12	Шліфування			Круглошліфувальний 3М151
26	Свердління	Вертикально-свердильний 2А125	2, 11,12	

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1,7 - Інші можливі варіанти технології обробки поверхонь, що дозволяють забезпечити

№ поверхонь	Переходи механічної обробки даної поверхні	Тип обладнання, оснастка	Поверхні технологічних баз	Параметр шорсткості розміщення поверхонь, що забезпечуються	
1	2	3	4	5	
1,2 4,5, 3,6	Фрезерування, центрування	Фрезерно-центрувальний 2Г942, лещата самоцентруючі, спецгубка	1,11,12		
7	Розточування чорнове і чистове	Токарно-гвинторізний 1М63, 3-кул патрон	11,18	Допуск торцевого биття відносно осі поверхні 7-0,1 мм	
8	Розточування				
9					
12	Точіння чорнове і чистове	Токарний зЧПК 16К20Ф3, патрон повідковий, центри	2, 5,6 (ц.о.)		
15,19 17,28 34	Точіння одноразове				
11	Точіння чорнове і чистове				
13	Точіння чорнове, чистове і остаточне				Допуск радіального биття відносно осі центрів 0,05 мм
14					Допуск радіального биття відносно осі центрів 0,04 мм
16,18 27 20	Точіння одноразове				
29..31	Фрезерування паралельне				Горизонтально-фрезерний 6Р83Г, пристрій спеціальний
23 25 10 24	Свердління, розсвердлювання, нарізання різьби мітчиком	Вертикально-свердлильний з ЧПК, пристрій спеціальний	12,17		
33,35 36	Свердління, нарізання різьби мітчиком		11,18		
26	Свердління	Вертикально-свердлильний 2Н118, кондуктор спеціальний	2, 11,12		

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.8 - Маршрут механічної обробки деталі та зміст операцій (базовий техпроцес)

№ операції	Назва та зміст операцій, переходів, інструмент	Тип і модель верстату	Характеристики пристрою	№ рисунка схеми базування
1	2	3	4	5
005	<i>Горизонтально-розточна</i> 1. Фрезерувати торці 1 і 2 з поворотом стола. Фреза торцева. 2. Свердлити поверхні 3 і 4. Спиральне свердло. 3. Центрувати торці по черзі, поверхні 5 і 6 з поворотом. Свердло центрувальне. 4. Розточити поверхню 7 начорно. Різець розточний. 5. Розточити поверхню 7 остаточно. Різець розточний.	Горизонтально-розточний 2Л614	Комплект технологічних кріпильних деталей	1.8.1
010	<i>Токарно-гвинторізна</i> 1. Точити попередньо поверхні 13, 27, 12, поверхню 13 начорно. Різець прохідний відігнутий. 2. Точити поверхню 27 остаточно, точити поверхні 14 і 11 начорно. Різець прохідний прямий. 3. Точити торці 16 і 18 остаточно. Різець підрізний. 4. Точити канавку 20. Різець канавочний. Переустановити заготовку. 5. Точити попередньо і остаточно поверхню 28, попередньо і начорно поверхню 12. Різець прохідний прямий. 6. Підрізати торці 15 і 17. Різець підрізний. 7. Точити канавку 19. Різець канавочний.	Токарно-гвинторізний 1М63	Патрон повідковий. Центри	1.8.2
015	<i>Токарно-гвинторізна</i> 1. Точити начисто поверхню 11. Різець прохідний прямий. 2. Точити поверхню 14 начисто і остаточно, поверхню 13 - начисто і остаточно. Різець прохідний. 3. Точити канавку 37. Різець канавочний. 4. Точити поверхню 12 начисто. Різець прохідний прямий. 5. Точити фаску 34. Різець прохідний	Токарно-гвинторізний 16К20	Патрон повідковий. Центри	1.8.3
020	<i>Горизонтально-фрезерна</i> 1. Фрезерувати лиски 29..32 з переустановкою. Фреза дискова трьохстороння.	Горизонтально-фрезерний 6Р83Г	Комплект технологічно кріпильних деталей	1.8.4

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

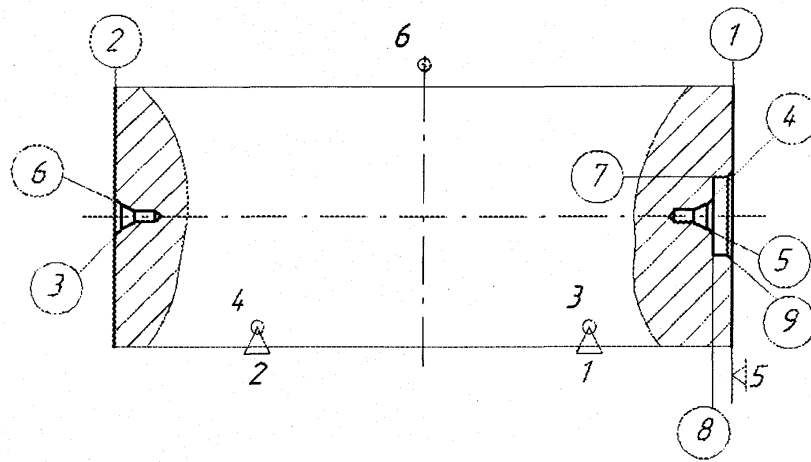


Рисунок 1.8.1

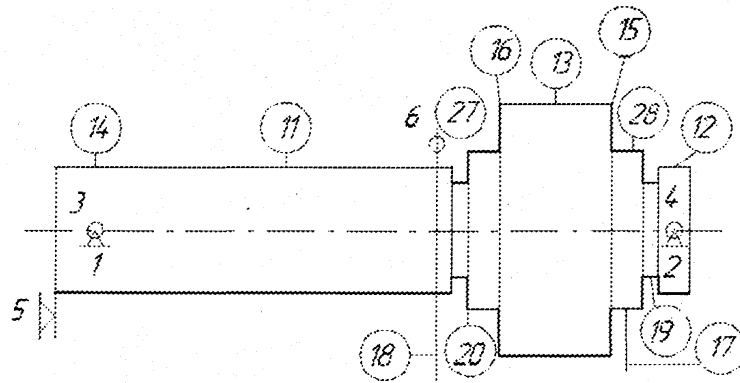


Рисунок 1.8.2

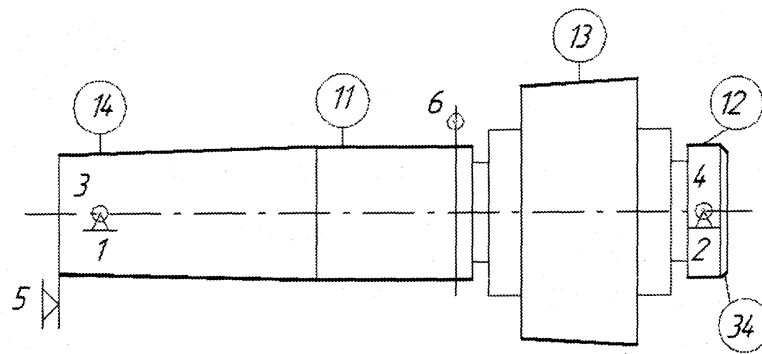


Рисунок 1.8.3

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5
025	<i>Радіально-свердлильна</i> 1. Розсвердлити отвір 23. свердло спіральне. 2. Розсвердлити отвір 10. свердло спіральне. 3. Свердлити отвір 25. свердло спіральне. 4. Нарізати різьбу 24. Мітчик. Переустановити заготовку, закріпити накладний кондуктор. 5. Свердлити по кондуктору отвір 33. Свердло спіральне. Зняти кондуктор. 6. Зенкувати фаски 35. Зенківка. 7. Нарізати різьбу 36. Мітчик.	Радіально-свердлильний 2М55	Підставка з патроном 3-кул діаметром 400 мм. Кондуктор накладний.	1.8.5
030	<i>Вертикально-свердлильна</i> 1.Свердлити отвір 26. Свердло спіральне.	Вертикально-свердлильний 2А125	Кондуктор спеціальний	1.8.6
035	<i>Круглошліфувальна</i> 1.Шліфувати по чергово поверхні 11 і 12. Круг шліфувальний ПП.	Круглошліфувальний 3М151		1.8.7
040	<i>Контрольна</i>			

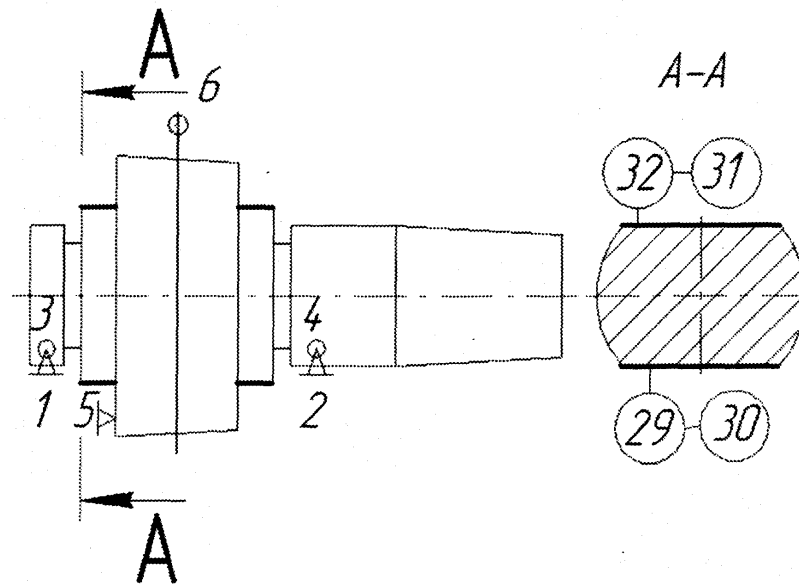


Рисунок 1.8.4

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

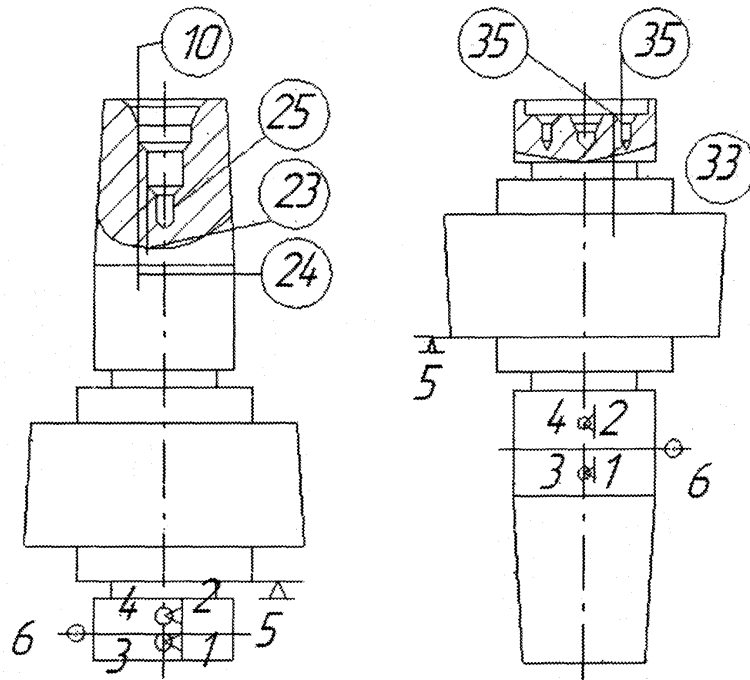


Рисунок 1.8.5

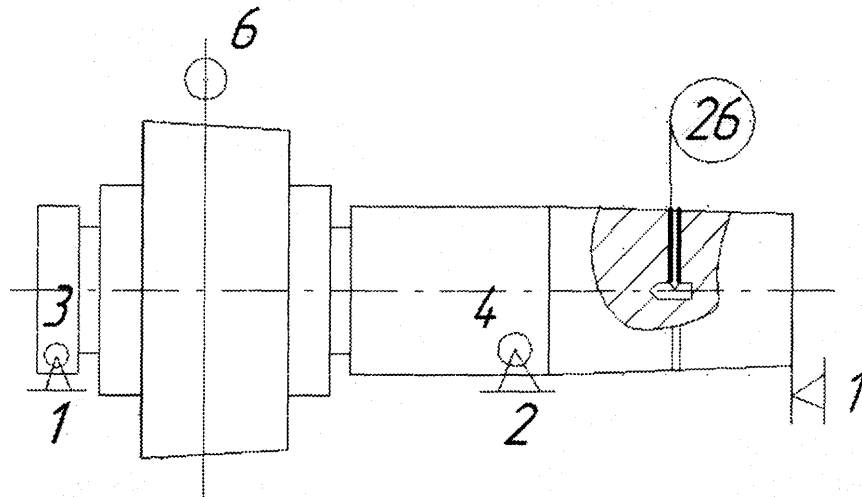


Рисунок 1.8.6

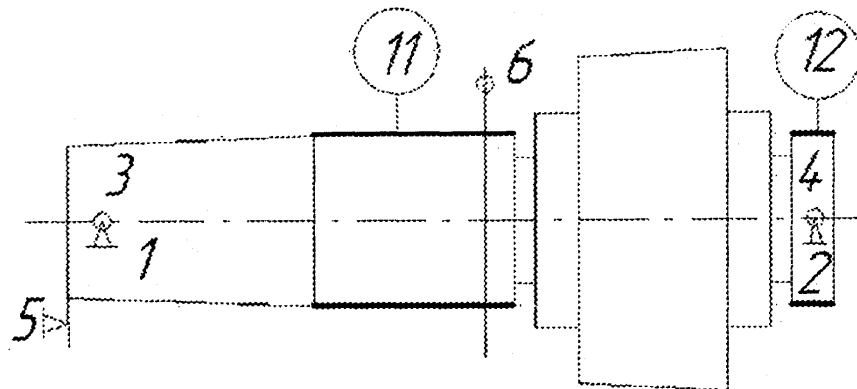


Рисунок 1.8.7

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПІМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

Базовий технологічний процес в частині вибору обладнання, для дрібносерійного виробництва - розроблений досконало.

Операція 005 виконується на горизонтально-розточному верстаті 2Л164, що має поворотний стіл, тому обробку торців і центрових отворів можна обробляти без переустановки деталі за рахунок повороту стола на 90°. Крім центрування, на операції при допомозі радіального супорта планшайби обробляється торцева виточка - поверхні 7, 8 і фаска 9. Недоліки операції - ручне керування, ручна зміна інструменту. Крім цього заготовка встановлюється і закріплюється за допомогою комплекту технологічних установочних деталей, туди входять призми, упори, притискачі, болти, гайки, шайби тощо. Такі комплекти також використовуються на всіх операціях, де заготовка встановлюється на стіл верстату (020, 025, 030). Так як ця установка потребує часу, ручного затиску, то для середньосерійного виробництва доцільніше застосовувати спеціальні пристрої, переважно - з механічним затиском.

А для організації дільниці цеху, де переважають деталі типу валів, що обробляються в центрах, доцільно застосовувати фрезерно-центрувальні верстати з самоцентруючими губками, котрі не тільки значно підвищують продуктивність обробки торців та центрувальних отворів, але і зменшують похибки при центруванні.

Оснастка, схема базування та установка заготовки на 005 операції забезпечують отримання розмірів відповідно до креслення.

Операція 010, верстат 1М63, оснащений повідковим патроном та центрами. Затиск заготовки ручний. Операція багатоперехідна і виконується з переустановками. На ній виконується попереднє обдирання заготовки з наближенням її форми до форми деталі, а також чорнова обробка циліндричних поверхонь, остаточне точіння канавок і торців. Недоліки операції - ручне керування, ручне закріплення заготовки, - якість обробки цілком залежить від кваліфікації верстатника. Для заданого типу виробництва доцільно використовувати верстат з ЧПК, повідковий патрон з пневмозатиском, що не тільки підвищують продуктивність обробки, але гарантуватиме стабільну якість всієї партії деталей.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Операція 015, верстат 16K20, патрон повідковий, центри. Чистова обробка циліндричних поверхонь 11 і 12. Остаточна обробка конічних поверхонь 13 і 14, канавки 26, незважаючи на менший об'єм операцій недоліки і пропозиції аналогічні попередній.

Горизонтально-фрезерна 020 операція на верстаті 6P83Г з 4 переходами і 1 переустановкою. Недоліки - ручне керування та ручне закріплення. Для застосування операції в покращеному техпроцесі доцільно застосувати пристрій з механічним затиском та набір 2-х фрез для одночасної обробки поверхонь 29 і 30, 31 і 32.

На 025 радіально-свердлильній операції виконується обробка отворів, що розміщені по горизонтальній осі деталі - поверхні 10, 23, 24, 25, - або паралельні до осі - різьбові отвори М16-6Н. Пристрій універсальний для обидвох позицій і складається з 3-кулачкового патрона, що закріпленій на плиті, котра кріпиться до стола верстата. На ньому зручно переустановляти заготовку. Недоліки операції - ручне керування, ручна зміна інструменту, ручний затиск заготовки. Для усунення згаданих недоліків доцільно застосувати верстат з ЧПК з автоматичною зміною інструменту та координатними переміщеннями стола, наприклад, 2P135Ф2.

Операцію розчленити на дві та застосувати аналогічний спец пристрій, але з механізованим приводом, один - на 2 операції.

Вертикально-свердлильна операція 030, на котрій обробляють глибокий отвір в спеціальному кондукторі на верстаті 2A125, зважаючи на несуттєву потрібну силу затиску, можна застосувати в новому техпроцесі.

Круглошліфувальна операція 035 на верстаті 3M151 відповідає вимогам заданого виробництва і її доцільно застосувати в новому техпроцесі.

Змінений, проектний процес приведений в таблиці 1.9. в ньому застосовано на 4-х операціях верстата з ЧПК, високопродуктивний фрезерно-центрувальний верстат, на фрезерній операції забезпечується автоматичне отримання розміру, верстата оснащені пристроями з механізованим приводом.

Все це, разом з економічною заготовкою дозволить значно зменшити трудоемкість виготовлення деталі.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.9- Проектний варіант технологічного процесу обробки деталі

№ операції	Назва та зміст операцій, переходів, інструмент	Тип і модель верстату	Характеристика пристрою	№ рисунка схеми базування
1	2	3	4	5
005	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 1 і 2. Фрези торцеві. 2. Центрувати торці 1 і 2, поверхні 4, 5 і 3, 6. Свердла центрувальні спеціальні.	Фрезерно-центрувальний 2Г942.04	При верстаті, з гідро затиском, спецгубка	1.9.1
010	Токарна з ЧПК 1. Точити поверхню 12 начорно, поверхні 17, 28, 15 остаточно. Різець контурний. 2. Точити фаску 34. Різець прохідний. 3. Точити канавку 19. Різець канавочний. 4. Точити поверхню 12 начисто. Різець прохідний.	Токарний з ЧПК 16К20Ф3С5	Патрон повідковий. Центри	1.9.2
015	Токарна з ЧПК 1. Точити поверхні 14, 11, 13 начорно; 18, 27, 16 - остаточно. Різець контурний. 2. Точити поверхню 14 і 13 начисто. Різець контурний. 3. Точити поверхню 14 і 13 остаточно. Різець контурний. 4. Точити канавку 20. Різець канавочний. б. 5. Точити канавку 37. Різець канавочний. 6. Точити поверхню 11 начисто. Різець прохідний упорний.	Токарний з ЧПК 16К20Ф3С5	Патрон повідковий. Центри	1.9.3
020	Токарно-гвинторізна 1. Розточити поверхню 7 начорно, поверхню 8 остаточно. Різець розточний упорний. 2. Розточити фаску 9. Різець розточний. 3. Розточити поверхню 7 остаточно. Різець розточний.	Токарно-гвинторізний 1М63	Патрон самоцентруючий Ø400 мм	1.9.4
025	Контрольна			
030	Горизонтально-фрезерна Фрезерувати лиски 29..31 з переустановкою. Набір дискових фрез.	Горизонтально-фрезерний 6Р83Г	Спеціальний з механізованим приводом	1.8 4

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

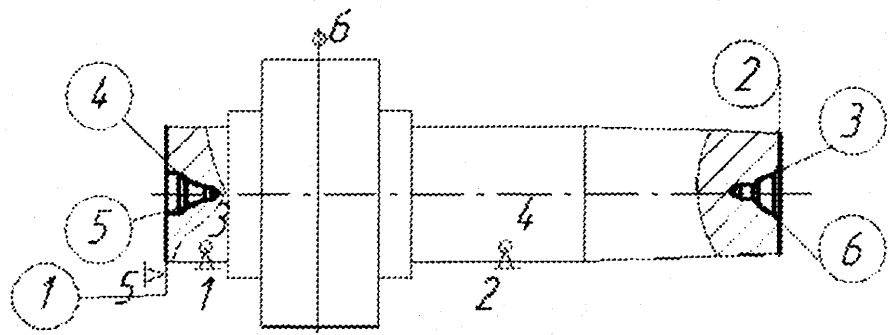


Рисунок 1.9.1

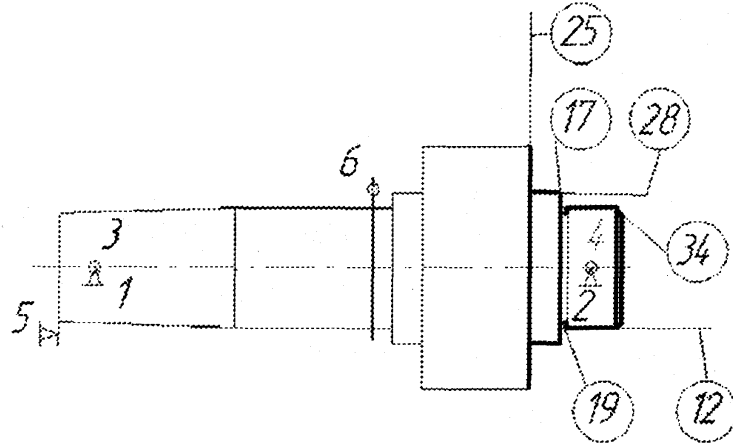


Рисунок 1.9.2

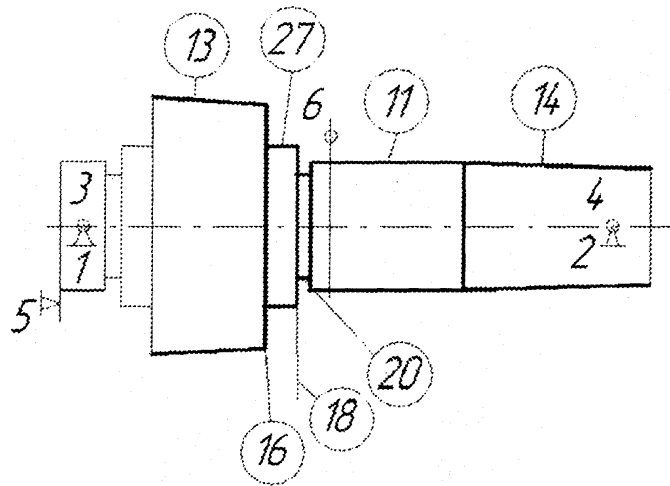


Рисунок 1.9.3

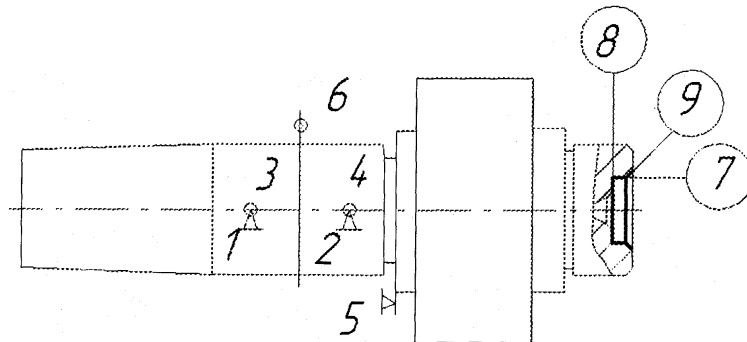


Рисунок 1.9.4

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 1.9

1	2	3	4	5
035	Свердлильна з ЧПК 1. Свердлити отвір 23. Свердло. 2. Свердлити отвір 25. Свердло. 3. Розсвердлити отвір 10. Свердло. 4. Нарізати різьбу 24. Мітчик.	Свердлильний з ЧПК 2P135Ф2	Пристрій н/б з 3-кул патроном	1.8.5
040	Свердлильна з ЧПК 1. Свердлити отвір 33, фаски 35. Свердло комбіноване. 2. Нарізати різьбу 36 в отворі 33. Мітчик.			
045	Вертикально-свердлильна Свердлити отвір 26. Свердло.	Вертикально-свердлильний 2A125	Кондуктор спеціальний	1.8.6
050	Круглошліфувальна Шліфувати почергово поверхні 11 і 12. Круг шліфувальний ПП.	Круглошліфувальний 3M151	Патрон повідковий, центри	1.8.7
055	Контрольна			

1.2.3 Технічне обґрунтування вибору проектного варіанту маршруту обробки

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

- застосування вертикально-свердлильного верстату з ЧПК моделі 2P135Ф2 замість радіально-свердлильного 2M55;
- застосування спеціального пристрою з пневмозатиском.

Зіставляємо три варіанти техпроцесу обробки деталі:

- базовий, менш продуктивний - операція 025 (частково), базове;
- з використанням верстату з ЧПК - операція 035, проектне;
- високопродуктивний, з використанням агрегатного верстату.

Вихідні дані і результати обрахунку приведені в таблиця 1.10.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Показники	Варіанти			
	1	2	3	
	2М55	2Р135Ф2	Агрегат	2Е056
1	2	3	4	5
Штучний час $T_{шт}$, год.	0,21	0,047	0,019	0,012
Число запусків деталей на рік, A	12	12	2	12
Число операцій у кожному запуск, V_o	4	3		4
Коефіцієнт корисного використання верстату, η	0,7	0,85	0,85	0,85
Підготовчо-заключний час $T_{пз}$, год.	0,2	0,3	-	1,5
Коефіцієнт, що враховує клас точності обладнання, μ	1	1	1	1,2
Вартість обладнання K_o , грн.	42000	144000	139000	14500
Складність ремонту механічної частини, R_m	8	60	6,5	12,5
Складність ремонту електротехнічної частини, R_e	6	41	5	8,5
Площа, що займає обладнання S , м ²	4,4	3,8	10	3,05
Площа, що займає ЧПК S_y , м ²	0	1,5	0	0
Число верстатів, що обслуговується одним робітником:				
Верстатником, a	1	2	1	1
Наладчиком, a_1	0	2	2	6
Норматив річних витрат на техобслуговування і ремонт СЧПК, H_v	-	581	706	-
Фонд часу Φ_o , год.	4015	3890	3890	4015

Як бачимо по даних таблиці 1.10 застосування верстату 2Р135Ф2 дозволить значно скоротити витрати часу на виготовлення даної деталі.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3 Розробка операційної технології

1.3.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

Визначення операційних припусків аналітичним методом на обробку зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 90\text{тб} \begin{matrix} +0,035 \\ +0,013 \end{matrix}$.

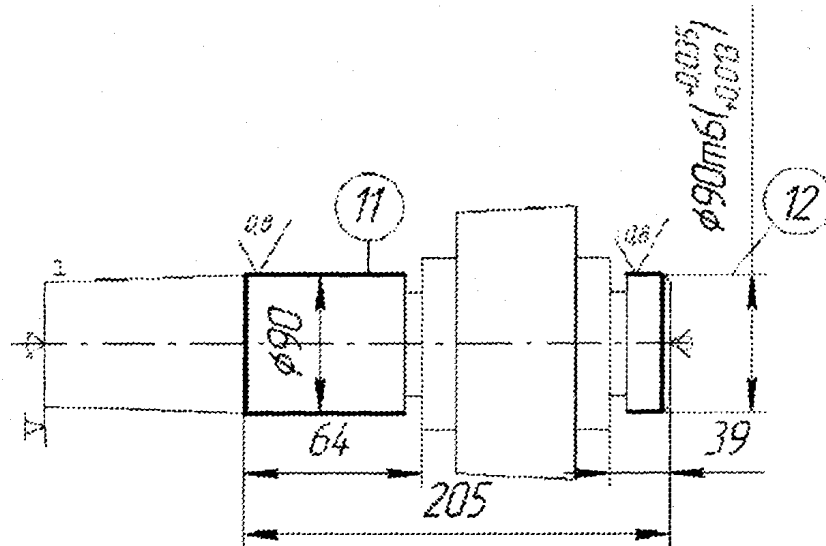


Рисунок 1.5 - Ескіз обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 90\text{тб} \begin{matrix} +0,035 \\ +0,013 \end{matrix}$

Технологічний маршрут обробки:

- чорнове точіння - h12;
- чистове точіння - h 10;
- шліфування - тб.

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{min} = \eta \left| (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{p_{oi}^2 + \varepsilon_i^2} \right|, \text{ мкм}; \quad (1.18)$$

де R_{zi-1} - висота мікро нерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного шляху на попередньому переході, мкм;

P_{oi-1} - сумарне відхилення розміщення поверхні, мкм;

ε_i - похибка установки деталі на операції, мкм.

Дані для розрахунку та результати розрахунків заносимо в таблицю 1.10.

Заготовка: $R_z=250$ мкм; $h=300$ мкм;:

$$p_{заг} = \sqrt{p_{зм}^2 + p_{нор}^2 + p_{ц}^2} = \sqrt{600^2 + 600^2 + 515^2} = 993, \text{ мкм}. \quad (1.19)$$

За технічними вимогами на заготовку: $p_{зм}=600$ мкм; $p_{нор}=600$ мкм.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибка центрування:

$$p_u = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}; \quad (1.20)$$

де T - допуск на діаметр бази зацентрування, $T=1,8$ мм:

$$p_u = 0,25 \cdot \sqrt{1,8^2 + 1} = 515 \text{ мкм.}$$

Похибка установки:

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_2^2 + \varepsilon_3^2}; \quad (1.21)$$

відсутня, бо обробка в центрах.

На послідуючих переходах механічної обробки, після:

- чорнової обробки $R_z=50$ мкм, $h=50$ мкм,
- чистової обробки $R_z=25$ мкм, $h=25$ мкм,;
- шліфування $R_z=5$ мкм, $h=15$ мкм,

Для визначення p_i і ε_i використовується коефіцієнти уточнення K_{yi} :

- для чорнової обробки $K_{yi}=0,06$;
- для чистової обробки $K_{yi}=0,04$;
- для шліфування $K_{yi}=0,02$.

$$p_i = p_{заг} \cdot K_{yi}; \quad (1.22)$$

$$p_i = 0,06 \cdot 993 = 60 \text{ мкм};$$

$$p_i = 0,04 \cdot 993 = 40 \text{ мкм};$$

$$p_i = 0,02 \cdot 993 = 20 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1min} = 2 (250 + 300 + 993) = 2 \cdot 1543 \text{ мкм} = 3,086 \text{ мм};$$

$$2Z_{2min} = 2 (50 + 50 + 60) = 2 \cdot 160 \text{ мкм} = 0,320 \text{ мм};$$

$$2Z_{3min} = 2 (25 + 25 + 40) = 2 \cdot 90 \text{ мкм} = 0,180 \text{ мм.}$$

Розрахункові розміри: $d_{p3} = d_{min} = 90,013$ мм:

$$d_{p2} = d_{p3} + 2Z_{3min} = 90,013 + 0,180 = 90,193 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = d_{p2} + 2Z_{2min} = 90,193 + 0,320 = 90,513 \text{ мм};$$

$$d_{pзаг} = d_{p1} + 2Z_{1min} = 90,513 + 3,086 = 93,599 \text{ мм.}$$

Мінімальні розміри - заокруглені d_p .

Максимальні розміри:

$$d_{imax} = d_{imin} + T_i, \text{ мм} \quad (1.23)$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Граничні припуски:

$$2Z_{max}^{zp} = d_{i-1max} - d_{imax}, \text{ мм};$$

$$2Z_{min}^{zp} = d_{i-1min} - d_{imin}, \text{ мм}.$$

Значення граничних розмірів та припусків наведено в таблиці 1.10. схеми графічного розташування припусків на обробку поверхні $\varnothing 90m6^{(+0,035}_{+0,013)}$ приведена на рисунку 1.6. Загальні припуски:

$$2Z_{min}^{za2} = 3687 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max}^{za2} = 5465 \text{ мкм}.$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$2Z_{max}^{za2} - 2Z_{min}^{za2} = 5465 - 3687 = 1778 \text{ мкм};$$

$T_{za2} - T_0 = 1800 - 22 = 1778 \text{ мкм}$, розрахунки правильні. Номінальний припуск на обробку зовнішніх поверхонь:

$$2Z_i = 2Z_{imin} + es_{i(d-1)} + es_{idi}, \text{ мм}, \quad (1.24)$$

де $es_{i(d-1)}$ і es_{idi} - нижні відхилення, відповідно, на попередньому та виконуваному переходах.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.10 – Розрахунок припусків і граничних розмірів

Технологічні операції та переходи	Елементи припудри, мкм			Мінімальний припуск, $2Z_{min}$, мкм	Розрахунковий розмір, $D_{Д}$, мм	Допуск, T , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм		Виконавчі розміри, мм	
	R_z	H	ρ				ϵ	d_{max} (Dmax)	d_{min} (Dmin)	2Z		2Z
Обробка поверхні 11, 12 – Ø90m6												
Заготовка	250	300	993	-	-	1800	95,5	93,7	-	-	95	
Чорнове точіння	50	50	60	-	3086	350	90,860	90,510	3190	4640	90,86	
Чистове точіння	25	25	40	-	320	140	90,335	90,195	315	525	90,335	
Шліфування	5	15	20	-	180	22	90,035	90,013	182	300	90	
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	3687	5465	-	
Обробка поверхні 7 – Ø80H9												
Заготовка	50	70	43	-	-	210	28,21	28,0	-	-	28	
Чорнове точіння	25	25	2	50	51,758	190	79,89	79,7	51680	51700	79,7	
Чистове точіння	5	5	1	2	106	74	80,074	80,0	184	300	80	
Загальний припуск	-	-	-	-	-	-	-	-	51864	52000	-	

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

БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

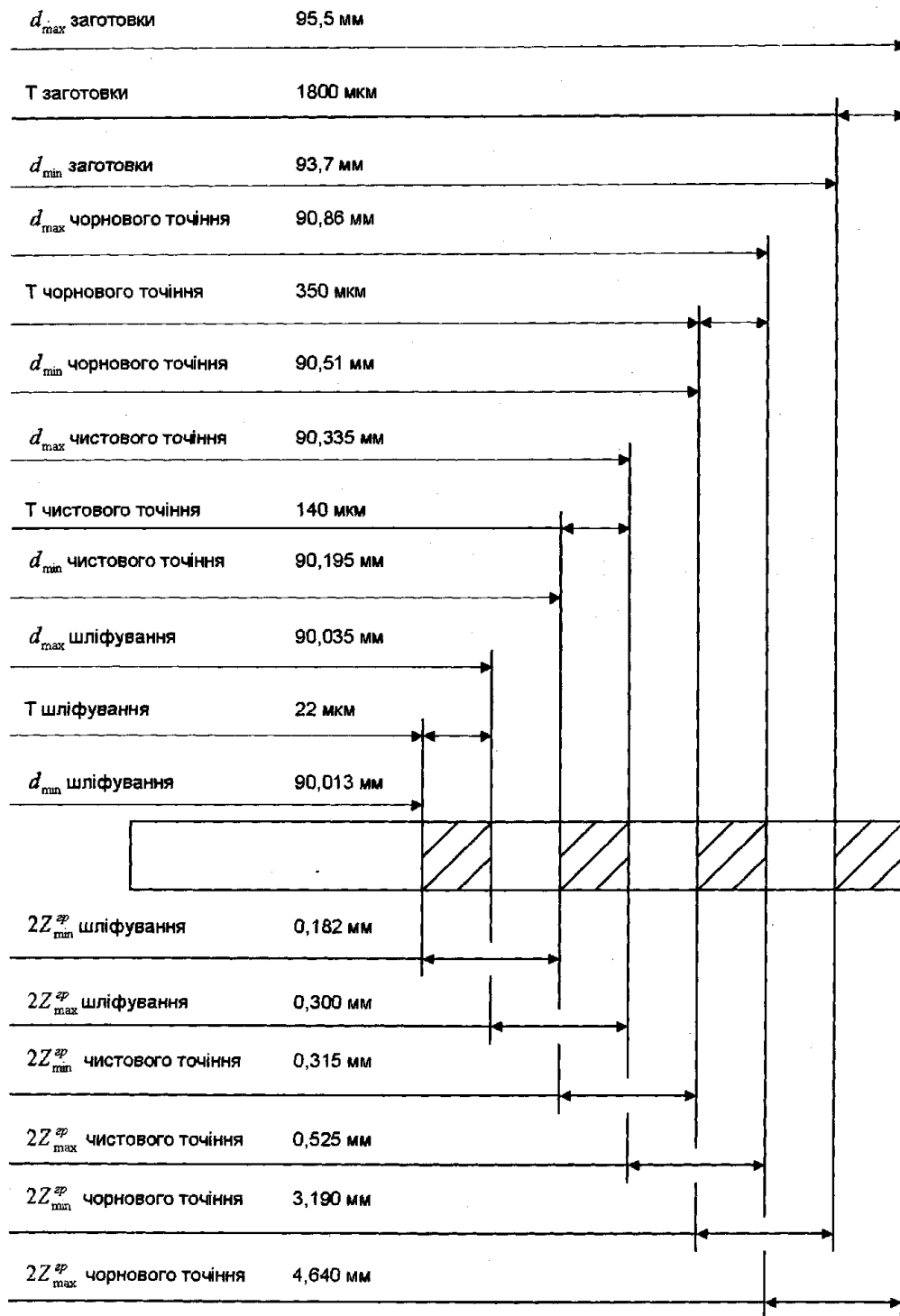


Рисунок 1.6 - Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 90t_6$

Визначення операційних припусків аналітичним методом на обробку внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 80H_9 (+0,074)$.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

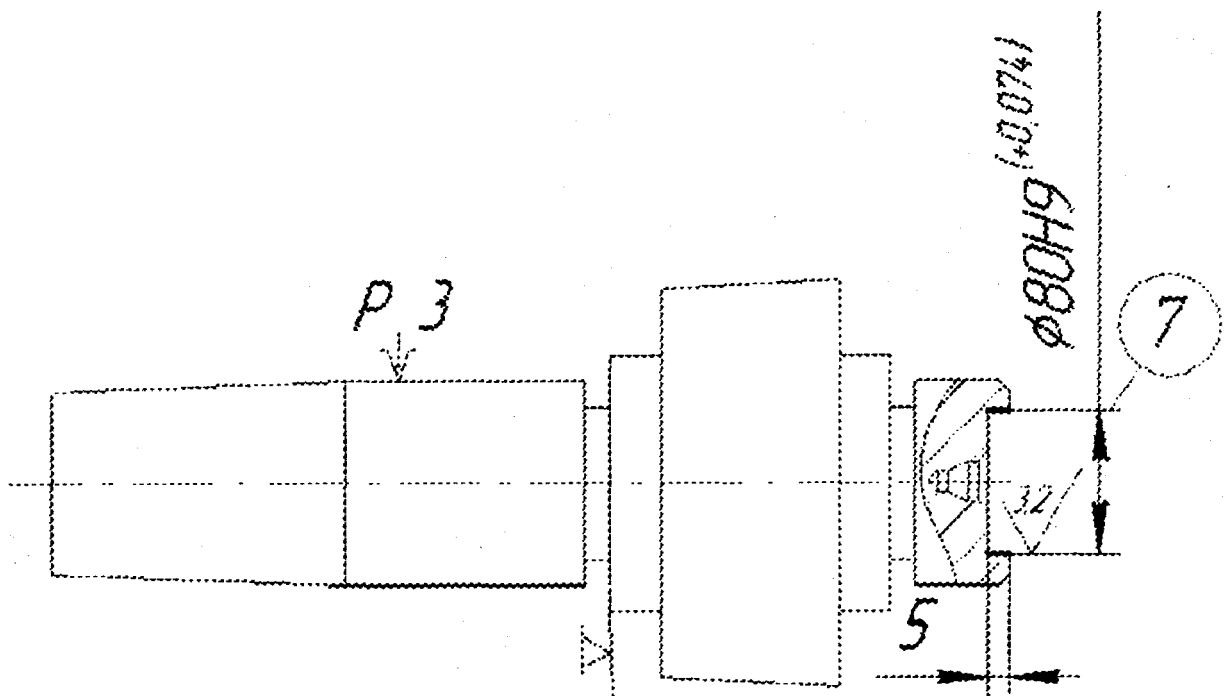


Рисунок 1.7 - Ескіз обробки внутрішньої циліндричної поверхні Ø80H9 (+0,074)

Технологічний маршрут обробки,

- чорнове точіння - Н11;
- Тонке розточування - Н9.

Двосторонній мінімальний припуск при обробці:

$$2Z_{min} = \eta \left| (R_z + h)_{i-1} + \sqrt{p_{oi}^2 + \varepsilon_i^2} \right|, \text{ мкм} \quad (1.25)$$

де R_{z-1} - висота мікронерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

h_{i-1} - глибина дефектного шляху на попередньому переході, мкм;

p_{oi-1} - сумарне відхилення розміщення поверхні, мкм;

ε_i - похибка установки деталі на операції, мкм.

Дані для розрахунку та результати розрахунків заносимо в таблицю 1.11.

Заготовка - суцільний метал, попередньо просвердлений до Ø30^{+0,21} мм. Чорновий прохід виконується з радіальною подачею. Базова поверхня оброблена начисто в центрах, отвір на торці Ø30 отриманий при центруванні. Обробка починається на Ø28^{+0,21} мм згідно з кресленням.

Тобто, для заготовки вихідними параметрами є параметри отвору, попередньо просвердленого: $R_z=50$ мкм, $h=70$ мкм,;

$$p_{заг} = \sqrt{(\Delta_y \cdot l)^2 + C_0^2}; \quad (1.26)$$

де Δ_y - 0,7 мкм/мм, питоме значення відхилення свердла;

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

l - довжина оброблюваної поверхні, $l=5$ мм;

C_0 - зміщення осі отвору, $C_0=25$ мкм.

$$p_{заг} = \sqrt{(0,7 \cdot 5)^2 + 25^2} = 43 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\delta 1}^2 + \varepsilon_{\delta 2}^2} = \varepsilon_{\delta 1} = 50 \text{ мкм}; \quad (1.27)$$

де $\varepsilon_{\delta l}$ - похибка базування, для самоцентруючого патрона, $\varepsilon_{\delta l}=0$.

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_{\delta l}=5 \text{ мкм},$$

$$K_{y1}=0,04;$$

$$K_{y2}=0,06;$$

$$p_1=0,04 \cdot 43=2 \text{ мкм};$$

$$p_2=0,03 \cdot 43=1 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_2=K_{y2} \cdot \varepsilon_1=0,03 \cdot 50=2 \text{ мкм}.$$

Після обробки,:

- чорнової обробки $R_z=25$ мкм, $h=25$ мкм;

- тонкої обробки $R_z=5$ мкм, h 5 мкм.

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{1min} = 2 \cdot (50 + 70 + \sqrt{43^2 + 50^2}) = 2 \cdot 186 \text{ мкм} = 0,372 \text{ мм};$$

$$2Z_{1min} = 2 \cdot (25 + 25 + \sqrt{2^2 + 2^2}) = 2 \cdot 53 \text{ мкм} = 0,106 \text{ мм}.$$

Розрахункові розміри: $D_{p2}=D_{max}=80,074$ мм:

$$D_{p1}=D_{p2}-2Z_{2min}=80,074-0,106=79,968 \text{ мм};$$

$D_{заг}=28,21$ мм, звідки уточняємо фактичний мінімальний припуск:

$$2Z_{min}=D_{p1}-D_{pзаг}=79,968-28,21=51,758 \text{ мм}.$$

Максимальні розміри - заокруглені розрахункові.

Мінімальні: $D_{imin}=D_{imax}-T_i$.

Значення практичних розмірів та припуски наведено в таблиця 1.11. Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні $\varnothing 80H9$ приведена на рисунку 1.8. Загальні припуски (див. таблиця 1.11):

$$2Z_{max}^{заг} = 52000 \text{ мкм};$$

$$2Z_{min}^{заг} = 51864 \text{ мкм};$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$T_{заг} - T_{\delta} = 210 - 74 = 136 \text{ мкм};$$

$$2Z_{max}^{заг} - 2Z_{min}^{заг} = 52000 - 51864 = 136 \text{ мкм.}$$

Розрахунки правильні.

Номинальний припуск:

$$2Z_i = 2Z_{i\text{min}} + ES_{D(i-1)} - ES_{Di}, \text{ мкм,} \quad (1.28)$$

де $ES_{D(i-1)}$ і ES_{Di} - верхні відхилення розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах.

При розташуванні номінальні припуски дорівнюють максимальним.

Таблиця 1.11- Припуски та між операційні розміри на обробку поверхонь

Технологічні переходи	Розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм	Квалітет точності	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Z_{max} , Мм
					Найбільший	Найменший	
Обробка поверхні 14 (<1:10)							
Заготовка	Ø95	-	-	1800	Ø95,5	Ø93,7	-
Чорнове точіння	Ø90,86	12,5	12	350	Ø90,86	Ø90,510	2,320
1 точіння	Ø90,86 Ø82,76	6,3	-	350	Ø90,86 Ø82,76	Ø90,510 Ø82,410	2,7*
2 точіння	Ø90,335 Ø80,135	6,3	-	135	Ø90,335 Ø80,135	Ø90,200 Ø80,000	0,8*
Остаточне точіння	Ø90,035 Ø79,835	1,6	-	87	Ø90,035 Ø79,835	Ø89,165 Ø79,748	0,15 0,15
Примітка: * зменшений припуск отримується за рахунок конічної поверхні заготовки							
Обробка поверхні 13 (<1:10)							
Заготовка	Ø147	-	-	3200	Ø 149,1	Ø15,9	-
Чорнове точіння	Ø141,1	12,5	14	1000	Ø141,1	Ø140,1	4
1 точіння	Ø141,1 Ø133,1	12,5	-	400	Ø141,1 Ø133,1	Ø140,7 Ø132,7	3,2
2 точіння	Ø140,3 Ø132,3	6,3	-	250	Ø140,3 Ø132,3	Ø140,05 Ø132,05	0.8
Остаточне точіння	Ø140,0 Ø132,0	1,6	-	100	Ø140,0 Ø132,0	Ø139,9 Ø131,9	0.15

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

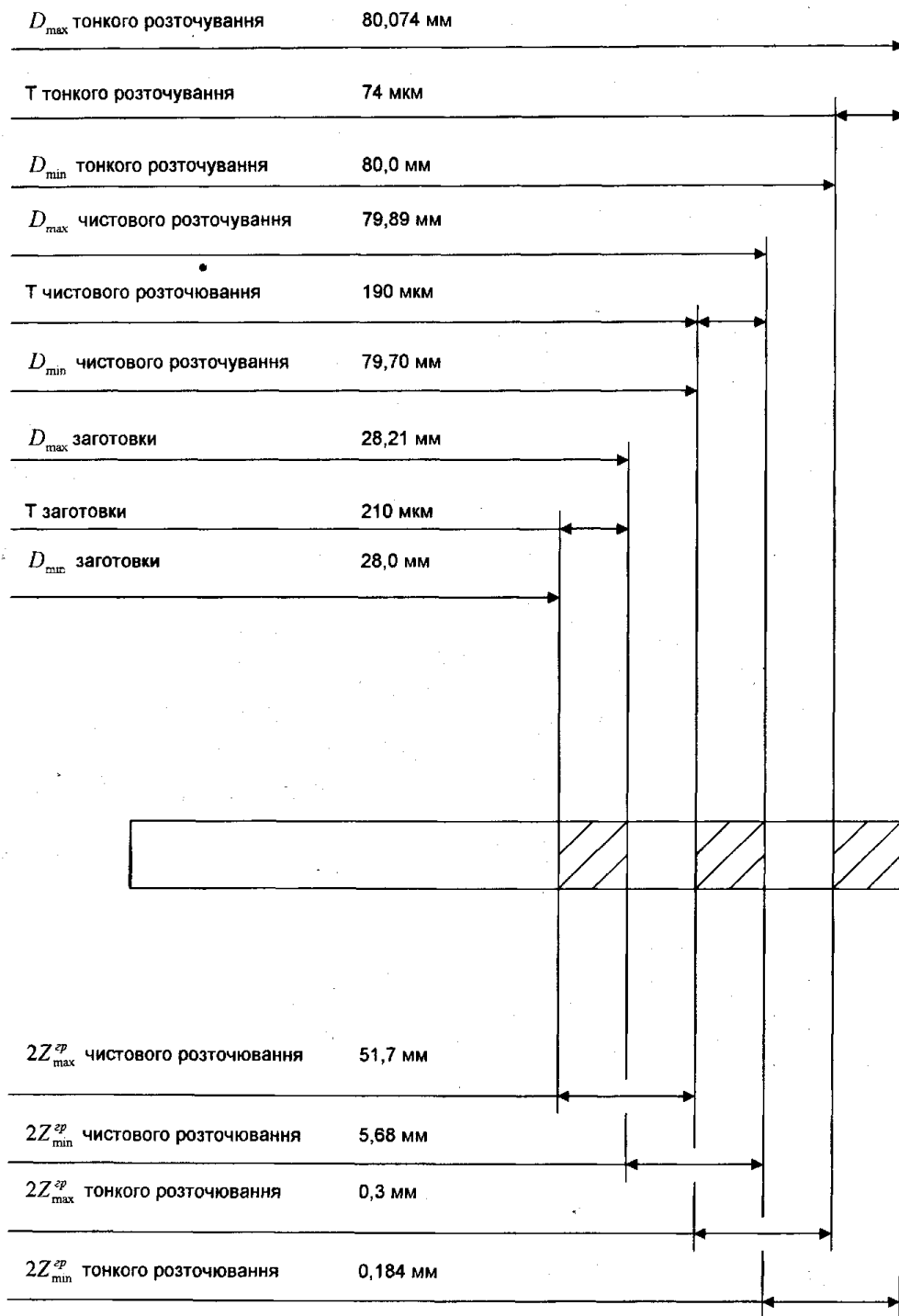


Рисунок 1.8 - Схема графічного розміщення припусків та допусків на обробку поверхні $\text{Ø}80\text{H}9$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

1.3.2 Розрахунок режимів різання та уточнення моделей верстатів

Розрахунок режимів різання виконується аналітичним методом (довідник [6]) та нормативним методом (довідник [4]). Результати розрахунку зведені в таблиці 1.12. Розрахунок основного часу виконується за формулою:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0}, \text{ хв.}, \quad (1.29)$$

де L - довжина робочого ходу, l - довжина обробки, $L=l+l_1+l_2$ мм;

(l_1+l_2) - величина на врізання та перебіг інструменту, мм;

i - число переходів інструменту;

n - частота обертання шпинделя, хв^{-1} ;

S_0 - подача на оберт шпинделя. Для верстатів, де визначається хвилинна подача, $S_x = n \cdot S_0$, - застосовується в знаменнику.

При нарізанні різьб мітчиками:

$$T_0 = \frac{L + L_{\text{дон}}}{n \cdot p}, \text{ хв.}; \quad (1.30)$$

де $L_{\text{дон}}$ - довжина додаткового ходу мітчика, мм;

p - крок нарізуваної різьби.

Розрахунок режимів різання аналітичним методом.

Операція: 005 - Фрезерно-центрувальна.

Верстат: фрезерно-центрувальний мод.2Г942.04.

Потужність головного двигуна верстату $P_{\text{де}}=11$ кВт.

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta=0,85$.

Ефективна потужність на шпинделі верстату $P_e=P_{\text{де}} \cdot \eta=9,35$ кВт.

Фрезерувати торці 1 і 2 одночасно.

Різальний інструмент: фреза торцева, $D_{\text{ф}}=160$ мм, 2214-0005-T5K10- 60° ГОСТ 24359-80, $z=10$.

Оброблюваний матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, $\sigma_{\text{д}}=750$ МПа, 285 НВ.

Оброблювана поверхня: $B=95$ мм, $l=95$ мм.

Шорсткість: $R_a=12,5$ мкм.

Режими різання:

Глибина різання: $t=2,75$ мм.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

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

Подача нормативна: $S_{zH} = 0,2$ мм/зуб.

Поправочний коефіцієнт на подачу: $K_S = 1$,

$S_z = 0,2 \cdot 1 = 0,2$ мм/зуб. Приймаємо $S_z = 0,2$ мм/зуб.

Подача на оберт шпинделя: $S_0 = S_{zH} \cdot Z$, мм/об, $S_0 = 0,2 \cdot 10 = 2,0$ мм/об.

Швидкість різання - розрахункова:

$$V_p = \frac{D^q \cdot C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p}, \text{ м/хв.} \quad (1.31)$$

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{tv};$$

де коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_\delta} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{750} \right) = 1,0;$$

За таблицею приймаємо 2: $K_r = 1$, $n_v = 1$.

Коефіцієнт на стан поверхні заготовки: $K_{nv} = 0,8$,

Коефіцієнт на матеріал різальної частини інструменту: $K_{tv} = 0,65$,

Період стійкості різця: $T = 180$ хв.

Коефіцієнт і показники степенів: $C_v = 332$, $q = 0,2$, $x = 0,1$, $y = 0,4$, $u = 0,2$, $p = 0$,
 $m = 0,2$:

$$K_v = 1 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,52;$$

$$V_p = \frac{332 \cdot 160^{0,2} \cdot 0,52}{180^{0,2} \cdot 2,75^{0,1} \cdot 0,2^{0,4} \cdot 90^{0,2} \cdot 10^0} = \frac{476,49}{4,06} = 117,36 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1000 \cdot 117,36}{\pi \cdot 160} = 233,5 \text{ хв}^{-1}; \text{ приймаємо } n_p = 249, \text{ хв}^{-1}.$$

Фактична швидкість:

$$V = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 249}{1000} = 125,16 \text{ м/хв.} \quad (1.32)$$

Хвилинна подача: $S_x = S_0 \cdot n = 2 \cdot 249 = 498$ мм/хв; прийнята $S_x = 498$ мм/хв.

Основний технологічний час: $l_1 + l_2 = 20$ мм, $L = 95 + 20 = 115$ мм,:

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \frac{L}{S_x} = \frac{115}{498} = 0,231 \text{ хв}, \quad (1.33)$$

Сила різання окружна:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot b^n \cdot Z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}, \text{ Н}; \quad (1.34)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_\delta}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,3} = 1; n=0,3,$$

Коефіцієнти і показники степенів: $C_p=825$, $x=1,0$, $y=0,75$, $u=1,1$, $q=1,3$,
 $w=0,2$:

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 2,75 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 90^{1,1} \cdot 10}{160^{1,3} \cdot 249^{0,2}} \cdot 1 = \frac{31989375}{7334} = 4362 \text{ Н.}$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D_\phi}{2 \cdot 1000} = \frac{4362 \cdot 160}{2000} = 349 \text{ Н·м.} \quad (1.35)$$

Потужність різання:

$$P_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{4362 \cdot 125,16}{1020 \cdot 60} = 8,92 \text{ кВт.} \quad (1.36)$$

$$P_p = 8,92 \text{ кВт} < P_{де} = 9,35 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Операція: 010 - Токарна з ЧПК.

Верстат: токарний з ЧПК 16К20Ф3С5.

Потужність головного двигуна верстату $P_{де}=10$ кВт.

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta=0,8$,

Ефективна потужність на шпинделі верстату $P_e=P_{де} \cdot \eta=8,0$ кВт.

Точити поверхню 12 начисто.

Різальний інструмент: різець прохідний з пластинкою - РТТNR2525M22T15K6ТУ2-035-892-82, $\varphi=90^\circ$, $\varphi_I=30^\circ$, $\gamma=10^\circ$.

Оброблюваний матеріал: сталь 45, $\sigma_\delta=750$ МПа, 285 НВ.

Оброблювана поверхня: $\varnothing 90,335$ h10.

Шорсткість: Ra=6,3 мкм.

Режими різання:

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Глибина різання: $t=0,26$ мм.

Подача нормативна: $S_{0н}=0,42$ мм/об.

Подача на оберт шпинделя: $S_0 = S_{0н} \cdot K_s$.

Поправочний коефіцієнт на подачу: $K_s=1$,

$S_0=0,42 \cdot 1=0,42$ мм/об. Приймаємо $S_0=0,4$ мм/об.

Швидкість різання - розрахункова:

$$V_p = \frac{K_0 \cdot C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y}, \text{ м/хв.} \quad (1.37)$$

Період стійкості різця: $T=60$ хв.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{tv} \cdot K_\varphi \cdot K_{\varphi I};$$

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_\delta} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{750} \right) = 1,0;$$

де $K_r=1$, $n_v=1$, ([6], ст. 262);

$$K_{nv}=1,$$

$$K_{tv}=1.$$

Коефіцієнти на кути в плані: $K_\varphi=0,7$, $K_{\varphi I}=0,91$:

$$K_v = 0,7 \cdot 0,91 = 0,637.$$

Коефіцієнт виду обробки: $K_0=1$, - для точіння.

Коефіцієнт і показники степенів: $C_v=350$, $x=0,15$, $y=0,35$, $m=0,2$,:

$$V_p = \frac{350 \cdot 0,637}{60^{0,2} \cdot 0,26^{0,15} \cdot 0,42^{0,35}} = \frac{222,95}{1,374} = 162,25 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 162,26}{\pi \cdot 90,335} = 571 \text{ хв}^{-1}; \text{ приймаємо } n_p=500, \text{ хв}^{-1}.$$

$S_x=0,42 \cdot 500=210$ мм/х; верстат: $S_x=200$ мм/хв., $S_0=0,4$ мм/об.

Фактична швидкість:

$$V = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 90,335 \cdot 500}{1000} = 141,9 \text{ м/хв.}$$

Основний технологічний час: $l=34$ мм, $l_1+l_2=3$ мм, $L=34+3=37$ мм, $i=1$:

$$T_0 = \frac{37}{200} = 0,185 \text{ хв.}$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила різання:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{ Н};$$

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}; \quad (1.34)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_\delta}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1; n=0,75.$$

Коефіцієнти на геометричні параметри різців: $K_{\varphi p}=0,89$, $K_{\gamma p}=1$, $K_{\lambda p}=1$:

$$K_p=0,89.$$

Коефіцієнти і показники степенів: $C_p=300$, $x=1,0$, $y=0,75$, $n=-0,15$:

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 0,26 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 141,9^{-0,15} \cdot 0,89 = 165 \text{ Н}.$$

Потужність різання:

$$P_p = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{165 \cdot 141,9}{1020 \cdot 60} = 0,383 \text{ кВт}.$$

$$P_p=0,383 \text{ кВт} < P_{de}=8 \text{ кВт}.$$

Верстат за потужністю працездатний.

Операція: 035 - Вертикально-свердлильна з ЧПК.

Верстат: вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2.

Потужність головного двигуна верстату $P_{de}=4$ кВт.

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta=0,8$,

Ефективна потужність на шпинделі верстату $P_e=P_{de} \cdot \eta=3,2$ кВт.

Свердлити отвір 23.

Різальний інструмент: свердло, $D=22,5$ мм, P6M5.

Оброблюваний матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, $\sigma_\delta=750$ МПа, 285 НВ.

Оброблювана поверхня: $d=22,5$ мм, $l=23$ мм, $l_1+l_2=8$ мм, $L=23+8=31$ мм,

$i=1$.

Шорсткість: $Ra=12,5$ мкм.

Режими різання: Глибина різання: $t=11,25$ мм.

Подача нормативна: $S_{0n}=0,32$ мм/об,

Подача на оберт шпинделя: $S_\delta = S_{0n} \cdot Z$, мм/об.

Поправочний коефіцієнт на подачу:

$$K_s = K_{Ls} \cdot K_{os} \cdot K_{\text{нес}} \cdot K_{is}; = 1$$

Коефіцієнти поправочні на:

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

- на глибину отвору $K_{L_s}=1$;
- якість отвору $K_{os}=0,5$;
- жорсткість системи $K_{жс}=1$;
- інструментальний матеріал $K_{is}=1$.

$$K_g=0,5, S_0=0,32 \cdot 0,5=0,16 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання - розрахункова:

$$V_p = \frac{D^q \cdot C_v}{T^m \cdot S^y}, \text{ м/хв.} \quad (1.39)$$

Період стійкості інструменту: $T=50$ хв.,

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{tv} \cdot K_{Lv};$$

де коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_\delta} \right)^{nv} = \left(\frac{750}{750} \right)^{1,05} = 1,0;$$

За таблицею приймаємо 2 ([6], ст. 262): $K_r=1, n_v=1,05$.

Коефіцієнт на глибину свердління: $K_{Lv}=1$.

Коефіцієнт на матеріал різальної частини інструменту: $K_{tv}=1$.

Коефіцієнт і показники степенів: $C_v=9,8, q=0,4, y=0,5, m=0,2$:

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 22,5^{0,4} \cdot 1}{50^{0,2} \cdot 0,16^{0,5}} = 38,86 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розрахункова:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 38,86}{\pi \cdot 22,5} = 550,0 \text{ хв}^{-1}; \text{ приймаємо } n_p=500, \text{ хв}^{-1}.$$

Фактична швидкість:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 22,5 \cdot 500}{1000} = 35,34 \text{ м/хв.}$$

Хвилинна подача: $S_x = S_0 \cdot n = 0,16 \cdot 500 = 80$ мм/хв; прийнята $S_x=80$ мм/хв.,

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{L}{S_x} \cdot i = \frac{31 \cdot 1}{80} = 0,388 \text{ хв.}$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила різання осьова:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_p} \cdot S^{y_p} \cdot K_p, \text{ Н.} \quad (1.40)$$

Крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_p \cdot D^{q_M} \cdot S^{y_M} \cdot K_p, \text{ Н}; \quad (1.41)$$

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma_\delta}{750} \right)^n = \left(\frac{750}{750} \right)^{0,75} = 1; n=0,75.$$

Коефіцієнти і показники степенів: $C_M=0,0345$, $y_M=0,8$, $C_p=68$, $q_M=2$, $q_p=1$, $y_p=0,7$:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 22,5 \cdot 0,16^{0,7} = 4242 \text{ Н.}$$

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 22,5^2 \cdot 0,16^{0,8} = 40,171 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Потужність різання:

$$P_p = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{40,171 \cdot 500}{9750} = 2,06 \text{ кВт.}$$

$$P_p=2,06 \text{ кВт} < P_{де}=3,2 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Операція: 050 - Круглошліфувальна.

Верстат: круглошліфувальний 3М151.

Потужність головного двигуна верстату $P_{де}=10$ кВт.

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta=0,85$.

Ефективна потужність на шпинделі верстату $P_e=P_{де} \cdot \eta=8,5$ кВт.

Шліфувати поверхні 11 і 12 почергово до $\varnothing 90 \text{ мб}_{+0,035}^{+0,013}$.

Різальний інструмент: круг ПП 600x80x305 15A50-ПС15К5 35м/с 1кл А ГОСТ 2424-83.

Оброблюваний матеріал: сталь 45 ГОСТ 1050-88, $\sigma_\delta=750$ МПа, 285 НВ.

Оброблювана поверхня: $d=22,5$ мм, $l=23$ мм, $l_1+l_2=8$ мм, $L=23+8=31$ мм, $i=1$.

Шорсткість: $R_a=12,5$ мкм.

Режими різання:

За таблицею 55;

Швидкість заготовки: $V=35$ м/хв.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Радіальна подача: $S_{рад}=0,005$ мм/об.

Частота обертання:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 35}{\pi \cdot 90} = 123,8 \text{ хв}^{-1}; \text{ приймаємо } n_p=125, \text{ хв}^{-1}.$$

Фактична швидкість:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 90 \cdot 125}{1000} = 35,34 \text{ м/хв.} \quad (1.32)$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{i \cdot L \cdot \kappa}{n \cdot S_{рад}}, \text{ хв.};$$

де i -число поверхонь, $i=2$.

$$L = \frac{D - d}{2}; D=90,335 \text{ мм}, d=90,035 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{0,15 \cdot 1,3 \cdot 2}{125 \cdot 0,005} = 0,624 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$$P = C_N \cdot V^r \cdot S_{рад}^y \cdot d^q \cdot b^z, \text{ кВт}; \quad (1.42)$$

за таблицею 56 ([6], ст. 303): $C_N=0,14$; $r=0,8$; $y=0,8$; $q=0,2$; $z=1$; $d=90$ мм;
 $b=64$ мм:

$$P = 0,14 \cdot 35,34^{0,8} \cdot 0,005^{0,8} \cdot 90^{0,2} \cdot 64 = 5,34 \text{ кВт.}$$

$$P_p=5,34 \text{ кВт} < P_{де}=8,5 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

Приклад розрахунку режимів різання за нормативами.

Операція: 015 - Токарна з ЧПК.

Верстат: токарний з ЧПК 16К20Ф3С5.

Потужність головного двигуна верстату $P_{де}=10$ кВт.

Коефіцієнт корисної дії приводу $\eta=0,8$,

Ефективна потужність на шпинделі верстату $P_e=P_{де} \cdot \eta=8,0$ кВт.

Точити поверхню 12 начисто.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Різальний інструмент: різець прохідний з пластинкою - РТТNR2525M22T15K6TY2-035-892-82, $\varphi=90^\circ$, $\varphi_l=30^\circ$, $\gamma=10^\circ$.

Оброблюваний матеріал: сталь 45, $\sigma_0=750$ МПа, 285 НВ.

Оброблювана поверхня: $\varnothing 141,1$, $l=80$ мм, $l_1+l_2=3$ мм, $L=80+3=83$ мм, $i=1$.

Шорсткість: $R_a=6,3$ мкм.

Режими різання: Глибина різання: $t=4$ мм. Подача: $S_0=0,6$ мм/об.

Швидкість різання - розрахункова:

$$V_p = V_n \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \text{ м/хв.} \quad (1.43)$$

$V_n=66$ м/хв, (ст. 648), - для $t \leq 5$, $S_0=0,6$, $\varphi=90^\circ$.

Коефіцієнти:

- на оброблюваний матеріал $K_4=0,9$;
- на період стійкості інструменту $K_5=0,9$, при $T=60$ хв;
- на вид обробки $K_6=1$, поздовжнє точіння.

$$V_p = 66 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 1 = 53,46 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 53,46}{\pi \cdot 141,1} = 120,6 \text{ хв}^{-1}; \text{ приймаємо } n_p = 125, \text{ хв}^{-1}.$$

$S_x=0,6 \cdot 125=75$ мм/хв; верстат: $S_x=80$ мм/хв., $S_0=0,64$ мм/об.

Фактична швидкість:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 141,1 \cdot 125}{1000} = 55,41 \text{ м/хв.}$$

Основний технологічний час:

$$T_0 = \frac{83}{80} = 1,038 \text{ хв.}$$

Потужність різання:

$$P_p = P_{\text{набл}} \cdot \frac{V}{100} \cdot K_7, \text{ кВт.} \quad (1.44)$$

$P_{\text{набл}}=9,32$ (ст. 651); $K_7=0,8$.

$$P_p = 9,32 \cdot \frac{55,41}{100} \cdot 0,8 = 4,13 \text{ кВт,}$$

$$P_p = 4,13 \text{ кВт} < P_{\text{де}} = 8 \text{ кВт.}$$

Верстат за потужністю працездатний.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.12 – Розрахунок режимів різання та основного часу

№ операції, переходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B обробки	Довжина		Глибина		Подача		Швидкість різання			Частота обертання		Потужність		I	T ₀	
			l	L	T	S ₀	S _x	V*	V _n	V	n _p	N	P _{рвз}	P ₀	ММ			кВт
005	Фрезерно-центрувальна														8,92	9,35		1,00
	Фрезерувати поверхні 1 і 2	Ø160	95	115	2,75	2,0	498	-	117,3	125,1	234	249					1	0,231
	Свердлити поверхню 3	Ø10	28,5	30	5	0,1	39	26	26,4	12,2	841	390					1	0,769
	Зенкувати поверхні 4,5,3,6	30	-		7	0,1	39	22	27,6	36,7	293	390					-	
015	Токарна з ЧПК														4,13	8		10,774
	Точити начорно 14,11	Ø90,86	169	172	2,4	0,62	125	80	64,8	57,1	226	200					1	1,378
	Поверхню 13	Ø141,1	80	83	4	0,64	80	66	53,4	55,4	120	125					1	1,038
	Остаточна поверхні 18	Ø105	4,5		2,5													
	Поверхню 27		11	36	3	0,62	125	80	64,8	65,9	196	200					1	0,228
	Поверхню 16	Ø141,1	18		2,25				21,2	88,5	160							
	Точити кінчну поверхню 14	90,86 90,33	122	125	2,7 0,8	0,62 0,4	125 200	71,4 125	51,4 135	57,0 141	179 477	200 500					1	1,00 0,625
	Точити кінчну поверхню 13	141,1 140,3	80	83	3,2 0,8	0,64 0,4	80 125	66 125	53,4 135	55,4 138	125 300	125 315					1	1,038 0,664

Продовження таблиці 1.12

№ операції, переходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B обробки	Довжина		Глибина		Подача		Швидкість різання			Частота обертання		Потужність		I	T ₀
			l	L	T	S ₀	S _x	V*	V _n	V	n _p	N	P _{рiз}	P ₀			
															мм		
	Точити остаточно 14	Ø90,335	122	122	0,15	0,12	63	140	142	141	505	500			1	1,937	
	Точити остаточно 13	Ø140	80	82	0,15	0,12	40	140	142	138	432	315			1	2,05	
	Точити канавку 20	Ø89	0,5	3	3	0,12	40	110	112	88	401	315			1	0,075	
	Точити канавку 37	Ø84	0,8	2	6	0,1	31,5	92	94	83	355	315			1	0,063	
	Точити канавку 11	Ø90,335	122	124	0,15	0,4	200	-	162	142	571	500			1	0,620	
010	Токарна з ЧПК																
	Точити начорно 12	Ø90,86	39	43	2,4					51,7	216					1,303	
	Точити начорно 17	Ø105	4,5	39	2,5	0,62	125	80	64,8	65,9	196	200			1	0,488	
	Точити начорно 28		11		3												
	Точити фаску 34	Ø147 Ø90,86	21 2,1	4	2,25 2,1	0,62	125	95	77,8 76,9	92,4 51,7	169 269	200			1	0,032	
	Точити канавку 19	Ø89	0,5	3	3	0,12	50	110	112	88,0	401	400			1	0,060	
	Точити канавку 11	Ø90,335	34	37	0,26	0,4	200	-	162	141	571	500			1	0,185	

Продовження таблиці 1.12

№ операції, переходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B обробки	Довжина		Глибина		Подача		Швидкість різання			Частота обертання		Потужність		I	T ₀	
			l	L	T	S ₀	S _x	V*	V _n	V	n _p	N	P _{рріз}	P ₀				
															мм			мм/об
030	Горизонтально-фрезерна																	
	Фрезерувати лиску 29	Ø100	24	52	6,5	1,98	125	30	20,4	19,8	64,9	63	3,02	8,8				0,832
	Фрезерувати лиску 31	Ø20														2		0,431
035	Свердлильна з ЧПК																	
	Свердлити отвір 23	Ø22,5	23	31	11,2	0,16	80	-	38,9	35,3	550	500	2,06	3,2				0,947
	Свердлити отвір 25	Ø6	20	23	3	0,1	100	20	19,0	18,9	1010	1000			1			0,388
	Розсвердлити отвір 10	Ø24	2	4	0,8	0,35	125	30	28,1	26,8	372	355			1			0,230
	Нарізати різьбу 24	M24	21	26	0,8	1,5	(187)	13	10,4	9,42	138	125			1			0,032
040	Свердлильна з ЧПК																	
	Свердлити отвір 33	Ø14	30	36	7	0,09	63	30	31,9	31,2	725	710	0,86	3,2		4		2,286
	Нарізати різьбу 36	M16	24	30	1	2,0	(360)	11	8,8	9,05	175	180			4			0,747

Продовження таблиці 1.12

№ операції, переходу	Назва та зміст операції, переходу	D або B обробки	Довжина		Глибина	Подача		Швидкість різання			Частота обертання		Потужність		I	T ₀	
			l	L		T	S ₀	S _x	V*	V _n	V	n _p	N	P _{різ}			P ₀
		ММ				ММ/об		М/хв			хв ⁻¹		кВт				
045	Вертикально-свердлильна													0,11	1,76		
	Свердлити отвір 28	Ø5	42,5	45	2,5	0,1	50	18,5	10,4	7,85	659	500					0,90
050	Круглошліфувальна													5,34	8,5	1	0,90
	Шліфування поверхні 12	Ø90	33	33	0,15	0,01	-	35	35	35,3	124	125				1	0,312
	Шліфування поверхні 11																

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

БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Арк.

1.3.3 Розрахунки, що пов'язані з підготовкою карти налагодження та керуючої програми

Операція 035. Свердлильна з ЧПК.

Верстат: вертикально-свердлильний з ЧПК 2P135Ф2. Віддаль від торця шпинделя до поверхні стола $H_g=600$ мм. Віддаль від торця шпинделя різьбонарізної головки до умовного торця шпинделя $v_l=135$ мм. Отвір у шпинделях - конус Морзе 4.

Пристрій: висота опорних поверхонь над поверхнею стола $H_{on}=115$ мм.

Заготовка: висота поверхонь входу і інструменту над опорною поверхнею пристрою: $h_{o0}=271$ мм, $h_{o1}=-19$ мм, $h_{o2}=-17$ мм, $h_{o3}=-40$ мм, $h_{o4}=-9$ мм, де h_{oi} - координати вершин інструменту відносно поверхні входу.

Порядок переходів, різальний та допоміжний інструменти:

1. свердлилити отвір $23-\text{Ø}22,43^{+0,22}$;

- свердло 035-2301-1070 ОСТ2 И20-2-80; діаметр свердла $d_1=22,5$ мм, довжина свердла $L_1=255$ мм, хвостовик конус Морзе 2, віддаль від вершини інструменту до торця втулки $l_1=180$ мм,

- втулка (перехідна з конуса Морзе 2 на КМ4): 6100-0204 ГССТ 13598-85, віддаль від торця втулки до торця шпинделя $a_1=6,5$ мм;

2. свердлилити отвір 25 на глибину 58^{+3} мм, - $\text{Ø}5^{+0,3}$ мм;

- свердло 035-2301-1601 ОСТ2 И20-2-80; діаметр свердла $d_2=6$ мм, довжина свердла $L_2=140$ мм, хвостовик конус Морзе 1, віддаль від вершини інструменту до торця втулки $l_2=78$ мм,

- втулка (перехідна з конуса Морзе 1 на КМ4): 6100-0227 ГОСТ 13598-85, віддаль від торця втулки до торця шпинделя $a_2=6,5$ мм;

1. розсвердлилити отвір $10-\text{Ø}24^{+0,4}$ мм на глибину 9 мм;

- свердло 035-2301-1077 ОСТ2 И20-2-80; діаметр свердла $d_3=24$ мм, довжина свердла $L_3=280$ мм, хвостовик конус Морзе 3, віддаль від вершини інструменту до торця втулки $l_3=186$ мм,

- втулка (перехідна з конуса Морзе 3 на КМ4): 6100-0205 ГОСТ 13598-85, віддаль від торця втулки до торця шпинделя $a_3=22,5$ мм;

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

2. нарізати різьбу 24 в отворі 23, - M24x1,5-6H;

- мітчик 035-2620-0598 OCT2 И52-1-74, довжина мітчика $L_4=120$ мм, віддаль від вершини інструменту до торця втулки $l_4=71$ мм,

- головка різьбонарізна 2P135Ф2.51.001, $e_1=135$ мм.

Віддаль від вершини інструменту до торця шпинделя W_i визначаємо і за таблицею 1.13 як суму l_i, a_i, b_i .

Таблиця 1.13 - Визначення W_i та R_i

Інструмент		l_i	a_i	b_i	W_i	h_{oi}	R_i
№	Назва						
4	Свердло Ø21,5 мм	180	6,5	-	186,5	-19	41
2	Свердло Ø6 мм	78	6,5	-	84,5	-17	141
3	Свердло Ø24 мм	186	22,5	-	208,5	-40	40
4	Мітчик	71	-	135	206	-9	11,5

Координати опорних точок деталі в системі x-y рівні нулю. Обробка виконується в центрі координат деталі.

Величина переміщення стола для перезавантаження пристрою: $x=-200$; $y=0$. Віддаль від поверхні стола до початку координат інструменту (0_i) в системі координат інструменту ($СК_i$):

$$H_{0z}=H_{np}+h_{dem}+W_{max}+\Delta Z, \text{ мм} \quad (1.45)$$

де ΔZ - гарантований зазор між заготовкою і вершиною інструменту, приймаємо 1 мм.

$$H_{0z}=115+271+208,5+1=595,5 \text{ мм.}$$

Величина швидких переміщень інструменту R_i по осі Z:

$$R_i=W_{max}-h_{oi}, \text{ мм.}$$

Визначення R_i приведено в таблиці 1.13.

Координати опорних точок деталі: $x=0$; $y=0$, - обробка виконується в центрі координат деталі. Координати точки для перезавантаження пристрою: $x=-200$; $y=0$.

Розрахунково-технологічна карта - таблиця 1.14.

Карта програмування - таблиця 1.15.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

Таблиця 1.14 - Розрахунково-технологічна карта

Деталь		Операція			Верстат			Система ЧПК					
106.30.10.193		035			2P135Ф2			С70-3					
№ точки	Геометрична інформація				Технологічна інформація								
	x, мм	y, мм	Z, мм	R, мм	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв ⁻¹	Напрямок обертання	Охолодження	№ інструменту	L, № коректор
1	0	0	31	41	11,25	0,16	80	35,34	500	пр	+	1	01
1	0	0	23	141	3	0,1	100	18,85	1000	пр	+	2	02
1	0	0	4	40	0,8	0,35	125	26,77	355	пр	+	3	02
1	0	0	26	11,5	0,8	1,5	(187)	9,42	125	пр/лв	+	4	04

Таблиця 1.15- Карта програмування

№ отвору	№ кадру	Підгот. функція	Геометрична інформація				Технологічні команди				№ корекції
	N	G	x	y	z	R	F	S	T	M	L
1	001	62	+000000	+000000			10	09	01	13	01
	002	91			+003100	+004100					
1	003	62	+000000	+000000			11	11	02	13	02
	004	91			+002300	+014100					
	005	62	+000000	+000000			12	08	03	13	03
	006	91			+000400	+004000					
	007	52	+000000	+000000			14	05	04	13	04
	008	94			+002600	+001150					
	009	60	-020000	+000000							02
	010										

Операція 040. Свердлильна з ЧПК.

Верстат вертикально-свердильний з ЧПК 2P135Ф2. Віддаль від торця шпинделя до поверхні стола $H_s=600$ мм. Віддаль від торця шпинделя різьбонарізної головки до умовного торця шпинделя $v_i=135$ мм. Отвір у шпинделях - конус Морзе 4.

Пристрій: висота опорних поверхонь над поверхнею стола $H_o=175$ мм.

Заготовка: висота поверхонь входу і інструменту над опорною поверхнею пристрою $h_o=141$ мм, перевищення входу інструменту $\Delta h=5$ мм.

Порядок переходів, різальний та допоміжний інструменти:

1. Свердлити отвір 33, фаску 35 $\varnothing 14^{+0,2}$ та $1,6 \times 45^\circ$;

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

- свердло 2301-0411 ОСТ2 d=14ммИ20-7-84; діаметр свердла d=14 мм, довжина свердла $L_1=190$ мм, хвостовик конус Морзе 2 віддаль від вершини інструменту до торця втулки $l_1=115$ мм.

- втулка (перехідна з конуса Морзе 2 на КМ4): 6100-0204 ГОСТ 13598-85.

2. Нарізати різьбу 36 в отворі 23, - М16-6Н - в отворі 33;

- мітчик 035-2620-0547 ОСТ2 И52-1-74, довжина мітчика $L=100$ мм віддаль від вершини інструменту до торця втулки $l_2=68$ мм.

Таблиця 1.16 - Визначення W_i та R_i

Інструмент		l_i	a_i	b_i	W_i	h_{oe}	R_i
№	Назва						
1	Свердло	115	6,5	-	121,5	-5	86,5
2	Мітчик	68	-	135	203	-5	6

$$H_{0z}=175+141+203+1=520 \text{ мм.}$$

Схема розташування опорних точок на рисунку 1.8.

Координати опорних точок в таблиці 1.17.

Таблиця 1.17 - Координати опорних точок

Координата	№ опорної точки				
	1	2	3	4	5
X	-27,5	0	27,5	0	-200
Y	0	27,5	0	-27,5	0

Розрахунково-технологічна карта - таблиця 1.18.

Карта програмування - таблиця 1.19.

Таблиця 1.18- Розрахунково-технологічна карта

Деталь			Операція			Верстат			Система ЧПК				
106.30.10.193			040			2P135Ф2			С70-3				
№ точки	Геометрична інформація			Технологічна інформація									
	x, мм	y, мм	Z, мм	R, мм	t, мм	S, мм/об	S, мм/хв	V, м/хв	n, хв ⁻¹	Напрям обертання	Охолодження	№ Інструменту	L, № координатор
1	-27,5	0	36	86,5	7	0,09	63	31,23	710	пр	+	1	01
2	0	27,5											
3	27,5	0											
4	0	-27,5	30	5	1	2,0	(360)	9,05	180	пр/лв	+	2	02
4	0	-27,5											
3	27,5	0											
2	0	27,5											
1	-27,5	0											

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Таблиця 1.19 - Карта програмування

№ отвору	№ кадру	Підгот. функція	Геометрична інформація				Технологічні команди				№ корек.										
			N	G	x	y	z	R	F	S		T	M	L							
1	001	62	-002750	+000000			09	10	01	13	01										
	002	92			+003600	+008650															
2	003		+000000	+002750																	
	004				+003600	+008650															
3	005		+002750	+000000																	
	006				+003600	+008650															
4	007		+000000	-002750																	
	008				+003600	+008650															
4	009	62	+000000	-002750								17	06	02	13	02					
	010	94			+003000	+000050															
3	011		+002750	+000000																	
	012				+003000	+000050															
2	013		+000000	+002750																	
	014				+003000	+000050															
1	015		-002750	+000000																	
	016				+003000	+000050															
01	017	60	-020000	+000000																	
	018																			02	

1.3.4 Нормування технологічного процесу

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{n}, \text{ хв.} \quad (1.49)$$

Штучний час:

$$T_{шт} = T_{он} + T_{обс} + T_{пер}, \text{ хв.} \quad (1.50)$$

Операційний час:

$$T_{он} = T_o + T_{од}, \text{ хв.} \quad (1.51)$$

Допоміжний час:

$$T_{д} = T_{вст} + T_{упр} + T_{вим}, \text{ хв.} \quad (1.52)$$

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

$T_{упр}$ - час на управління верстатом, хв.

$T_{вим}$ - час на вимірювання, хв.

$T_{обс}$ - час на обслуговування робочого місця, хв.

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

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

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

T_{n3} - підготовчо-заключний час, хв.

$$T_{n3} = T_{n31} + T_{n32} + T_{n33}, \text{ хв.} \quad (1.53)$$

де T_{n31} - час на комплекс прийомів на наладку верстата, пристрою, інструменту, хв.

T_{n32} - час на прийоми, що не ввійшли в T_{n31} , - до нього відноситься час на отримання до початку роботи і здачі в її кінці техдокументації, інструментів, пристроїв;

T_{n33} - час на обробку деталі, - відноситься до верстатів з ЧПК, автоматів, тощо.

Приклад визначення норм часу.

Операція № 020. Токарно-гвинторізна. Верстат 1М63.

Початкові дані: $T_0 = 0,739$ хв;

Маса деталі на операції $M_0 = 22$ кг.

Характеристика базуючи та затискаючих елементів пристрою та приводу: патрон самоцентруючий з пневмо-приводом; Ø400 мм.

$$T_{вст} = 0,42 \text{ хв,};$$

$$T_{унр} = t_1 + t_2 + t_3 + 2t_4 + 4t_5 + 3t_6 + 3t_7;$$

Де час, пов'язаний з переходом:

- при поперечному розташуванні фаски: $t_1 = 0,5$ хв,;
- при розточуванні фаски: $t_2 = 0,17$ хв, (карта 18, ст. 68);
- при поздовжньому розточуванні начисто: $t_3 = 0,85$ хв,;
- час на зміну обертів шпинделя: $t_4 = 0,09$ хв,;
- час на зміну величини чи напрямку подачі: $t_5 = 0,08$ хв;
- час на зміну інструменту поворотом різьбової головки: $t_6 = 0,08$ хв,
- ввімкнути гальмо шпинделя: $t_7 = 0,02$ хв.

$$T_{унр} = 0,5 + 0,17 + 0,85 + 2 \cdot 0,09 + 4 \cdot 0,08 + 3 \cdot 0,08 + 3 \cdot 0,02 = 2,22 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання калібром пробкою Ø80Н9:

$$T_{вим} = 0,15 \text{ хв};$$

$$T_0 = 0,42 + 2,22 + 0,15 = 2,79 \text{ хв};$$

$$P_{обс} = 5\% \text{ (ст. 70)}, P_{пер} = 4\% \text{ (ст. 203)}$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{шт}}=(0,739+2,79) \left(1 + \frac{5+4}{100} \right) = 3,780 \text{ хв};$$

$$T_{\text{нз1}}=24 \text{ хв, (ст. 70), } T_{\text{нз2}}=9 \text{ хв, (ст. 70), } T_{\text{нз}}=24+9=33 \text{ хв};$$

$$T_{\text{ш.к.}}=3,780 + \frac{33}{92} = 4,139 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.20 - Нормування технологічного часу

№ операції	Назва операції	Модель верстату	T_0 , хв	T_d , хв	$P_{\text{обс}} + P_{\text{пер}}$, %	$T_{\text{шт}}$, хв	$T_{\text{нз}}$, хв	$T_{\text{ш.к.}}$, хв
005	Фрезерно-центрувальна	2Г942.04	1,000	1,040	2,5	2,193	15	2,356
010	Токарна з ЧПК	16К20Ф3С5	1,303	2,200	8	3,783	30,9	4,119
015	Токарна з ЧПК	16К20Ф3С5	10,774	3,060	8	14,941	36,7	15,340
020	Токарно-гвинторізна	1М63	0,739	2,790	8	3,780	33	4,139
030	Горизонтально-фрезерна	6Р83Г	0,832	1,320	9	2,324	37	2,726
035	Свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2	0,947	1,733	8	2,819	42,8	3,284
040	Свердлильна з ЧПК	2Р135Ф2	3,380	2,013	8	5,824	37,4	6,231
045	Вертикально-свердлильна	2А125	0,900	1,000	8	2,052	19	2,259
050	Шліфувальна	3М151	0,624	2,600	13	3,643	15	3,806
	Всього					39,649		44,260

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Конструкторська частина

Розрахунок та проектування фрезерного пристрою

У верстатних пристроях, що використовуються для закріплення вала на механообробних операціях, застосовано пневмопривід.

Розрахунковий діаметр пневмоциліндра, ([3], ст. 113):

$$D_p = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta}}, \text{ мм} \quad (2.1)$$

Зусилля на штоці пневмоциліндра, штовхаюче, ([3], ст. 113):

$$N = 0,78 \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} \quad (2.2)$$

Тягнуче, ([3], ст. 113):

$$N = 0,78 \cdot (D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta, \text{ Н} \quad (2.3)$$

Звідки, розрахунковий діаметр пневмоциліндра:

$$D_p = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{N_p}{p \cdot \eta} + d^2}, \text{ мм} \quad (2.4)$$

де p - розрахунковий тиск стисненого повітря в пневмоциліндрі, надлишковий. Границі значень: $p=0,3..0,6$ МПа, ([3], ст. 113), $p=0,63$ МПа, ([6], ст. 91). Максимальне зусилля $p=1$ МПа, ([16], ст. 425);

η - коефіцієнт корисної дії пневмоциліндрів, для пневмоциліндрів з $D=150..200$ мм, $\eta=0,8..0,95$, ([3], ст. 113), - він враховує втрати на тертя в пневмоциліндрі;

d - діаметр штока пневмоциліндра, мм.

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

При розрахунку сили затиску застосовується коефіцієнт запасу ([6], таблиця 9, ст. 84):

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6. \quad (2.5)$$

Коефіцієнт гарантованого запасу $K_0=1,5$.

Коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності на оброблюваній поверхні - K_1 :

- при чорновій обробці $K_1=1,2$;
- при чистовій обробці $K_1=1,0$.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

- при торцьовому і циліндричному фрезеруванні $K_2=1,6$;
- при свердлінні, при врахуванні $M_{кр}$, $K_2=1,15$.

K_3 - коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання за рахунок переривчастого різання. При переривчастому і циліндричному фрезеруванні $K_3=1,2$.

K_4 - коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення в затискаючому механізмі. Для пневмо та гідроциліндрів подвійної дії $K_4=1,0$; для пневмо та гідроциліндрів односторонньої дії $K_4=1,3$.

K_5 - коефіцієнт, що враховує ергономіку ручних затискних механізмів.

K_6 - коефіцієнт, що враховує тільки при наявності моментів, що стараються повернути встановлену на опори заготовку. При опорах - пластинах $K_6=1,5$; при опорах циліндричних $K_6=1,0$.

Якщо $K < 2,5$, приймають $K=2,5$.

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

2.1 Опис призначення, будови і роботи пристрою

Пристрій призначається для базування та закріплення вала 106.30.10.193 на горизонтально-фрезерній операції 030.

Верстат - 6Р83Г:

- розміри стола 400x1600 мм;
- число Т-подібних пазів - 3. Ширина центрувального паза 18Н8, бокових - 18Н12. Віддаль між пазами - 90 мм.

Дані операції. $T_0=0,832$ хв, силу різання визначаємо:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_p}{D^q \cdot n^w}, \text{ Н}; \quad (2.6)$$

З таблиці 1.12 (ПЗ): $D=100$ мм; $t=6,5$ мм; $S_z=0,11$ мм/зуб; $b=11$ мм; $z=18$; $n=63$ хв⁻¹, $V=19,79$ м/хв. Число фрез - 2. З таблиці 41, ([6], ст. 291): $C_p=68,2$; $x=0,86$; $y=0,72$; $u=1$; $q=0,86$; $w=0$; $K_p=1$:

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = 2 \cdot \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 6,5^{0,86} \cdot 0,11^{0,72} \cdot 10^1 \cdot 18 \cdot 1}{100^{0,86} \cdot 63^0} = 2 \cdot 2338,3 = 4676,6, \text{ Н}$$

Пристрій складається з корпусу 1, на поверхні котрого гвинтами 18 і штифтами 22 закріплені призми 19, напроти котрих, до торців верхньої плити корпусу 1 закріплені вуха 15, в котрих на осях 13 розміщені важелі 7, нижні кінці котрих через осі 12 та вуха 14 з'єднані з пневмоциліндром, що складається з: гільзи 3, кришки 2 і 5, торця 4, закріпленого на штоці 6 гайкою 16, та ущільнень 24..27. Стиснене повітря до пневмоциліндра подається через отвори в кришках 2 і 5.

Для фіксації кутового положення вала після виконання першого переходу упор 8 з полотнами 9, котрі розміщені в отворах верхньої плити корпусу 1 разом з пружинами 20, регульованими гвинтами 17, також обмежуючим гвинтом 10, що загвинчений в упор 8.

На стіл верстату пристрій встановлюється шпонками 21 і закріплюється болтами М16 за ГОСТ 12459-67 з гайками.

Початкове положення пристрою: поршень 4 в контакті з кришкою 2, при цьому важелі 7 в нижній частині зведені до центру, а верхні їх плечі - розведені від центра. Заготовку встановлюють поверхнями 11 і 12 на призми 19, а поверхнею 27 - на упор 8 та посувають її до впирання в задню призму, після чого подають стиснене повітря через отвір у кришці 2 від центра разом з нижніми плечами важелів 7, при цьому верхні плечі переміщуються до центра і притискають заготовку до опорних поверхонь призми 19. При переустановці, оброблюваною поверхнею 29 деталь встановлюють на упор 8, орієнтуючи поверхню 29 горизонтально. Для відкріплення деталі стиснене повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра через отвір у кришці 5.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок сил закріплення і визначення основних параметрів механізму затиску

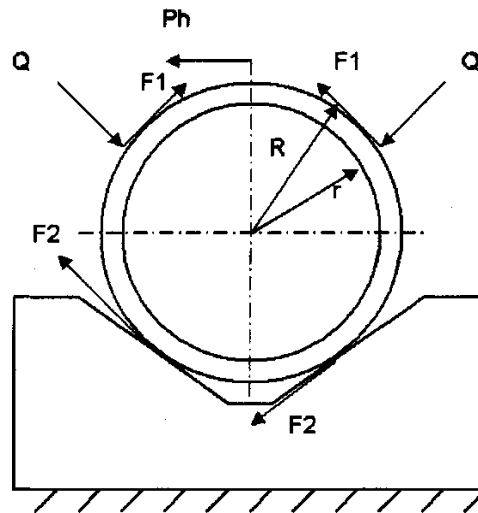


Рисунок 2.1 - Схема дії сил на заготовку

При обробці на заготовку діють:

- складові сили різання:

P_h - горизонтальна (намагається повернути заготовку на опорних поверхнях призми);

P_y - (перпендикулярна до P_z) - частково притискає заготовку до опори;

P_x - намагається посунути заготовку по її осі так як використовують дві фрези з різним кутом нахилу зубів (права і ліва) то дія цієї сили компенсована;

P_v - вертикальна, намагається відірвати заготовку від опор;

- сила затиску Q в місцях контактів заготовки з елементами пристрою створює сили тертя F_1 і F_2 , що протидіють діям сили різання.

Приймаємо до уваги дію сили P_h . Умови рівноваги:

$$K \cdot P_h \cdot R = 2 \cdot (F_1 + F_2) \cdot r; \quad (2.7)$$

$$F_1 = Q \cdot f_1 \quad (2.8)$$

$$F_2 = Q \cdot f_2 \quad (2.9)$$

Розрахункова формула:

$$Q_p = \frac{K \cdot P_h \cdot R}{2 \cdot (f_1 + f_2) \cdot r}, \text{ Н} \quad (2.10)$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,6 = 2,884;$$

$$P_h = 1,1 P_z = 1,1 \cdot 4676,6 = 5144,3 \text{ Н};$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$f_1=0,4$; (канавки), $f_2=0,16$.

$$Q_p = \frac{2,88 \cdot 5144,3 \cdot 46}{2 \cdot (0,4 + 0,16) \cdot 45} = 13055,7 \text{ Н.}$$

Зусилля на штоці:

$$N_p = Q \cdot \frac{l_1}{l_2}, \text{ Н} \quad (2.11)$$

Плечі важелів: $l_1=145$, мм; $l_2=155$, мм.

$$N_p = 13055,7 \cdot \frac{145}{155} = 11832 \text{ Н.}$$

При $p=0,63$ МПа, $\eta=0,95$:

$$D_p = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{11832}{0,63 \cdot 0,95}} = 158,9 \text{ мм.}$$

Приймаємо $D=160$ мм.

$$N=0,785 \cdot 160^2 \cdot 0,63 \cdot 0,95=12027,5, \text{ Н.}$$

$$Q=12207,5 \cdot \frac{155}{145} = 13271,7 \text{ Н.}$$

Сила затиску $2Q=26543,5$ Н.

Фактичний коефіцієнт запасу:

$$K_\phi = 2,88 \cdot \frac{13271,7}{13055,7} = 2,93.$$

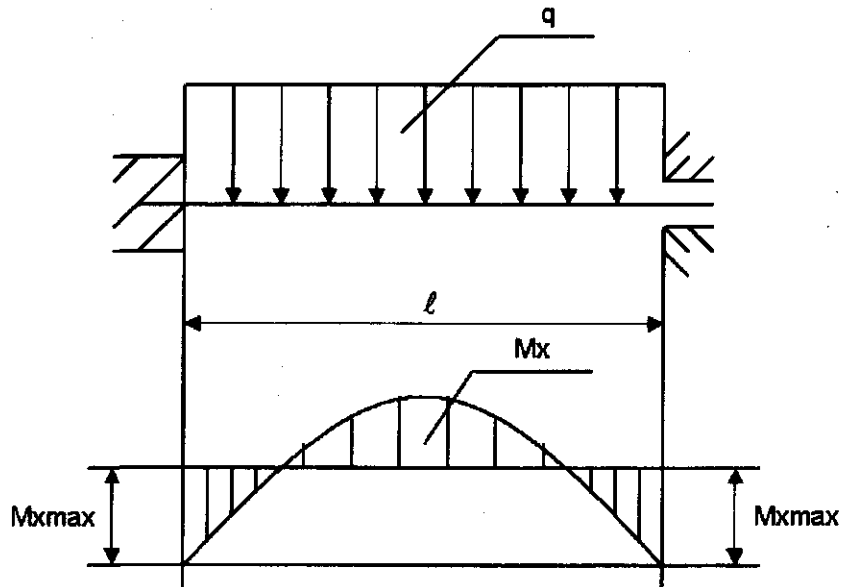
					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Розрахунок пристрою на міцність і зносостійкість

Перевіряємо на міцність слабкі ланки, на зносостійкість - визначаємо величини річного гарантованого спрацювання опорних та базуючи поверхонь.

2.3.1 Розрахунок пристрою на міцність

Найслабшою ланкою пристрою є вісь 13. Діаметр осі 16 мм.



$$l=22 \text{ мм,}$$

$$M_{x\max} = \frac{q \cdot l^2}{12},$$

$$q = \frac{P}{l}.$$

Рисунок 2.2 - Схема до розрахунку осі на зріз

$$P = \frac{1}{2} \cdot \frac{l_1 + l_2}{l_2} \cdot N = \frac{1}{2} \cdot \frac{145 + 160}{160} \cdot 12017,5 = 11464 \text{ Н,}$$

$$q = \frac{11464}{22} = 521 \text{ Н/мм.}$$

Умова міцності осі:

$$\tau_{зр} = \frac{M_{x\max}}{W_x}, \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] \quad (2.12)$$

Матеріал осі сталь 45: 35..39,5 HRC;

$[\tau_{зр}] = 122,5 \text{ МПа}$, ([8], таблиця 15, ст. 86).

$$M_{x\max} = \frac{521 \cdot 22^2}{12} = 21017 \text{ Н/мм.}$$

$$W_x = 0,1 \cdot d^3 = 409,6 \text{ мм}^3.$$

$$\tau_{зр} = \frac{21017}{409,6} = 51,31 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 122,5 \text{ МПа.}$$

Розмір осі вибрано вірно.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.2 Розрахунок пристрою на зносостійкість

Пристрій фрезерний.

Визначаємо гарантовані величини спрацювання: - опор.

Гарантована величина спрацювання:

$$\Delta_{z.cn.} = \frac{N_z}{C}, \text{ мкм} \quad (2.13)$$

де N_z - гарантований ресурс роботи, виражений кількістю установок. РІЧНИЙ ресурс роботи опори: $N_z=N=920$ шт;

C - зносостійкість. Визначення C ([13]).

1. Твердість робочих поверхонь опор, (таблиця 1.11, ст. 46):

$$AV=615.$$

2. Критерій зносостійкості, що враховує матеріал заготовки і опори, (таблиця 1.12, ст. 47):

$$П_1=1,03.$$

3. Зусилля, що діє по нормалі на опору:

$$Q = \frac{Q_{np}}{2} = \frac{13271,7}{2} = 6636 \text{ Н.} \quad (2.14)$$

4. Номінальна площа контакту опор, (таблиця 1.13, ст. 48):

$$F=61 \text{ мм}^2.$$

5. Критерій навантаження опори:

$$П_2 = \frac{Q}{F \cdot HV} = \frac{6636}{61 \cdot 615} = 0,1769 = 17,69 \cdot 10^{-2}.$$

6. Зносостійкість, (рисунок 1.6, ст. 49) $C=560$ шт/мкм.

7. Поправочний коефіцієнт:

$$K=K_t \cdot K_L \cdot K_y. \quad (2.15)$$

де K_t - коефіцієнт, що враховує нерухомість контакту заготовки з опорою.
 $K_t=0,79 \cdot T_0=0,79 \cdot 0,832=0,66$;

K_L - коефіцієнт, що враховує вплив довжини L шляху ковзання заготовки по опорах: $K_L=1$ при $L=25$ мм(ст. 47);

K_y - коефіцієнт, що враховує умови обробки, $K_y=0,94$ (таблиця 1.14, ст. 50) для обробки сталі з охолодженням.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$K=0,66 \cdot 1 \cdot 0,94=0,62.$$

8. Фактична зносостійкість:

$$C_{\phi} = \frac{C}{K} = \frac{560}{0,62} = 906 \text{ шт/мкм.}$$

$$\Delta_{z.cn.} = \frac{N}{C_{\phi}} = \frac{920}{906} = 1,015 \text{ мкм}=0,001 \text{ мм.}$$

2.4 Розрахунок пристрою на точність і довговічність

На обробку, пристрій налагоджують за еталоном, що являє собою циліндричний валик розміром $d_{\phi}=H_{обр}-2 \cdot b \cdot \cos \alpha$;

де d_{ϕ} - номінальний діаметр базової поверхні деталі, $H_{обр}=92$ мм.

b - товщина щупа, $b=1h6(-0,006)$.

α - половина кута призми $2\alpha=90^{\circ}$, $\alpha=45^{\circ}$.

Визначаємо точність виготовлення еталону:

$$T_{ep} = \sqrt{(0,4 \cdot \omega)^2 - T_{щ} - \varepsilon_{рег} - \varepsilon_{non}}, \text{ мкм} \quad (2.16)$$

де ω - економічна точність обробки, $\omega=200$ мкм=0,2 мм, ([13], таблиця А7, ст. 167);

$T_{щ}=0,006$; $\varepsilon_{рег}=0,03$ мм, ([13], ст. 59), - точність регулювання по щупу;

ε_{non} - похибка визначення поправки Δ_{non} на налагоджувальний розмір, $\varepsilon_{non}=0,5 \cdot \Delta_{non}$;

$$\Delta_{non}=R_a+\Delta_{np.d.}+S_{ум}, \text{ мкм} \quad (2.17)$$

$R_a=12,5$ мкм (креслення деталі), $S_{ум}=0$, ([13], ст. 58).

$$\Delta_{np.d.} = \frac{P_y}{j}; \quad (2.18)$$

$$P_y=0,5 \cdot P_z=0,5 \cdot 4676,6=2338,3 \text{ Н} \quad (2.19)$$

$j=700000$ н/мм, ([13], таблиця 1.18, ст. 58).

$$\Delta_{np.d.} = \frac{2338,3}{700000} = 0,00334 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{non}=0,5 \cdot (0,0125+0,00334)=0,008 \text{ мм.}$$

$$T_{ep} = \sqrt{(0,4 \cdot 0,2)^2 - 0,006^2 - 0,03^2 - 0,008^2} = 0,0735 \text{ мм.}$$

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Встановлюємо допуск виготовлення еталона за IT7 - $T_e=0,035$ мм. Розмір еталона: $d_e=92-2 \cdot 1 \cdot \cos 45^\circ=90,59_{-0,035}$ мм.

Для забезпечення точності операції встановлюємо наступні параметри точності виготовлення пристрою за рекомендаціями:

- допуск паралельності опорних поверхонь призми до основи пристрою за 8 ступенем точності ГОСТ 24643-81 ([9], таблиця 5.10, ст. 116): $T_{//}=0,05$ мм, ([9], таблиця 5.3, ст. 108);
- допуск перпендикулярності осі призми до осі шпонок (поз 21) за 8 ступенем точності ГОСТ 24643-81 ([9], таблиця 5.10, ст. 119): $T_{\perp}=0,06$ мм, ([9], таблиця 5.3, ст. 108).

При $T_e=0,035$ мм отримаємо допуск на спрацювання опорних поверхонь призми:

$$\Delta_{e.cn.max} = T_{ep} - T_e \cdot 0,5 \cdot \frac{1}{\sin \alpha} = 0,0735 - 0,035 \cdot \frac{0,5}{\sin 45^\circ} = 0,0487 \text{ мм} \quad (2.20)$$

Термін служби пристрою до ремонту в кількості виготовлення деталей:

$$N_{max} = N_p \cdot \frac{\Delta_{e.cn.max}}{\Delta_{e.cn.1}} = 920 \cdot \frac{0,0487}{0,001} = 44804 \text{ шт.} \quad (2.21)$$

2.5 Розрахунок рівня уніфікації пристрою

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{\Sigma_{заг} - \Sigma_0}{\Sigma_{заг}} \cdot 100\% = \frac{25 - 10}{25} \cdot 100\% = 60\% . \quad (2.22)$$

де $\Sigma_{заг}=25$ шт - загальне число найменувань деталей та складальних одиниць в пристрої;

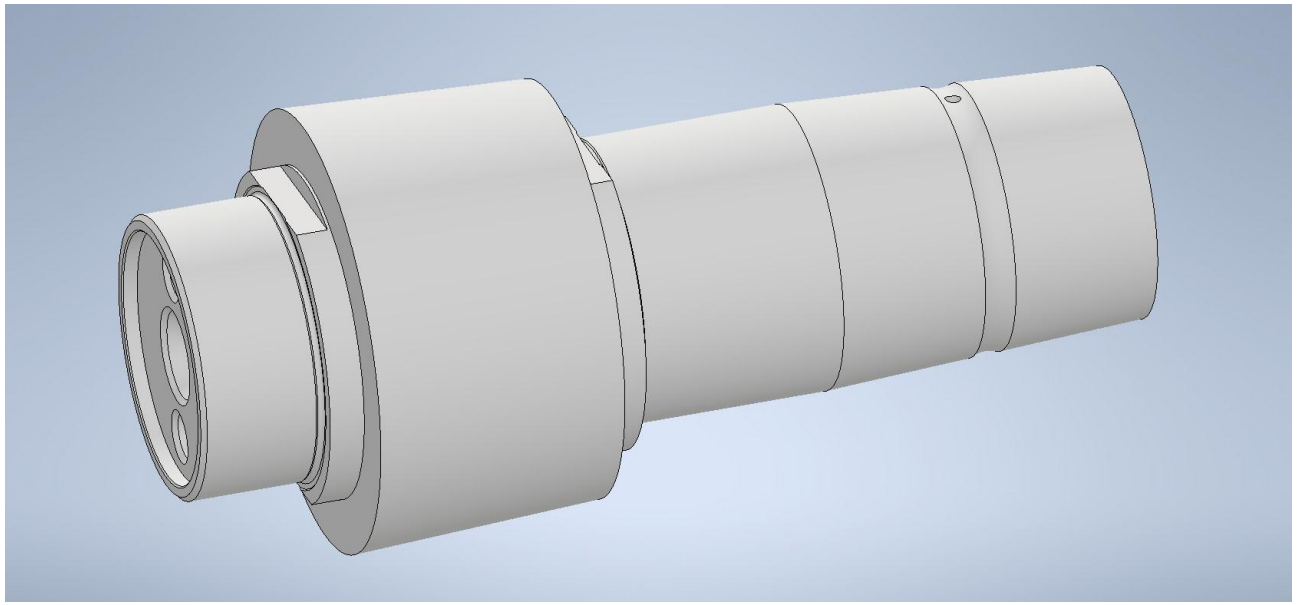
$\Sigma_0=10$ шт - число найменувань оригінальних деталей та складальних одиниць.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

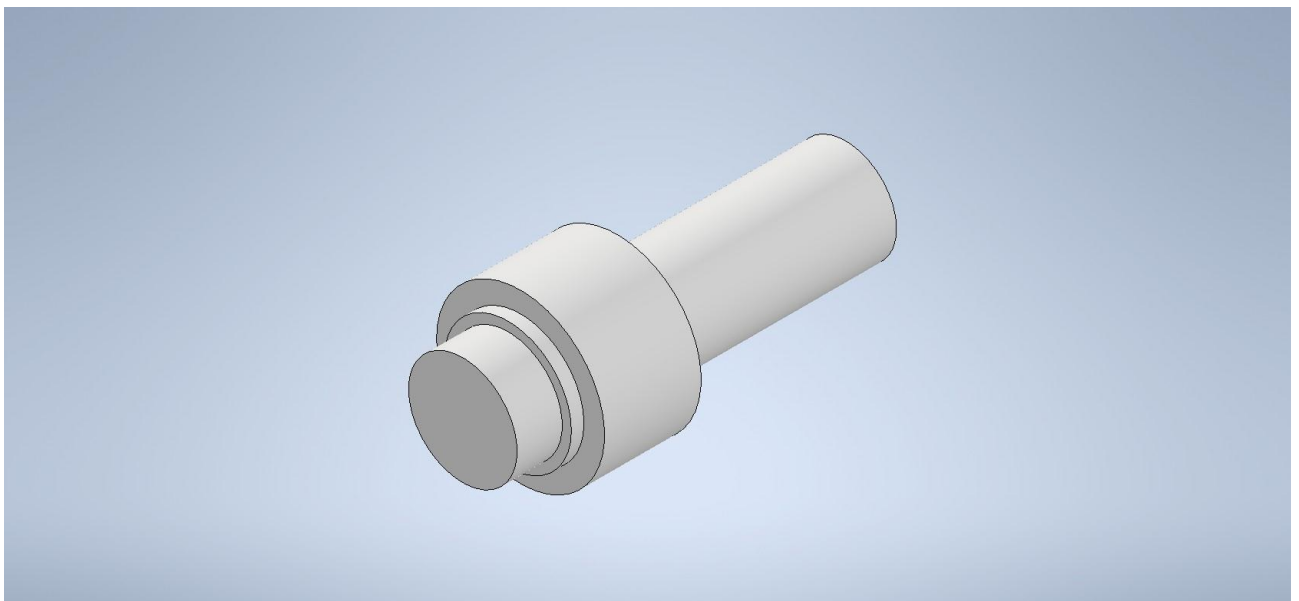
3 РОЗРОБЛЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВЕРСТАТА З ЧПК

Для автоматизованого розроблення КП обробки деталі «Вал 106.30.10.103» на верстаті з ЧПК використовуємо систему PowerMill.

Для виконання розрахунків траєкторій в програмі використовуються 3D-моделі деталі та заготовки. Моделі деталі та заготовки створюємо з допомогою програми AutoDesk Inventor (рисунки 3.1, 3.2).



а)



б)

Рисунок 3.1 – 3D-модель

а – деталь, б - заготовка

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Створені моделі зберігаємо у форматі «*.igs», а далі імпортуємо в систему PowerMill (рисунки 3.3, 3.4).

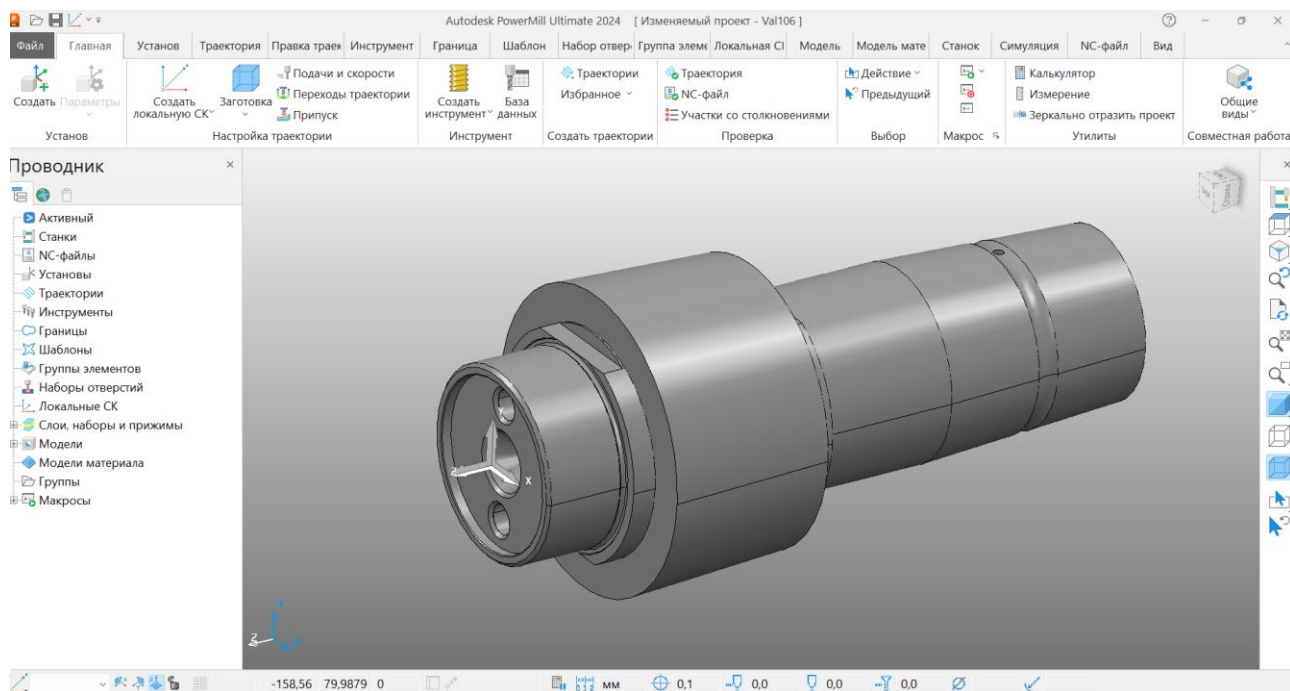


Рисунок 3.3 – Модель вала, імпортована в систему PowerMill

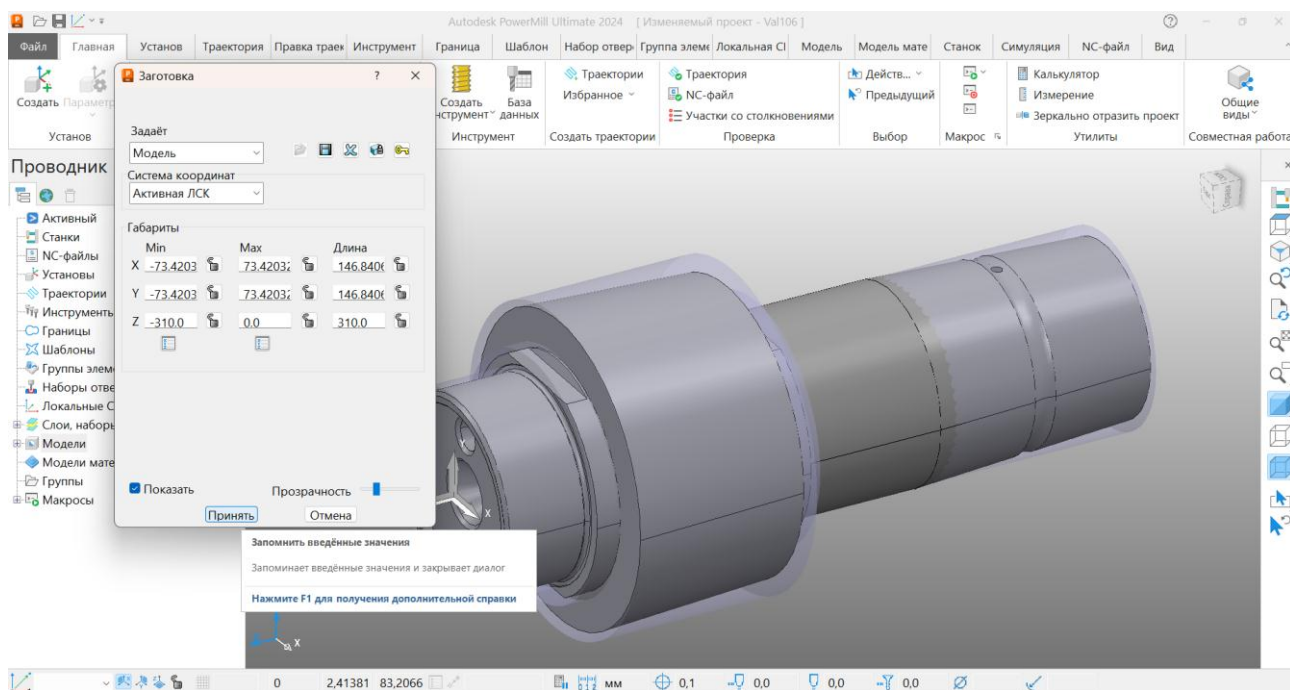


Рисунок 3.4 – Вибір параметрів заготовки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

Послідовні етапи проектування траєкторій руху інструмента для створення керуючих програм для верстата з ЧПК подано на рисунках 3.5 – 3.40. Керуючі програми наведені в Додатку.

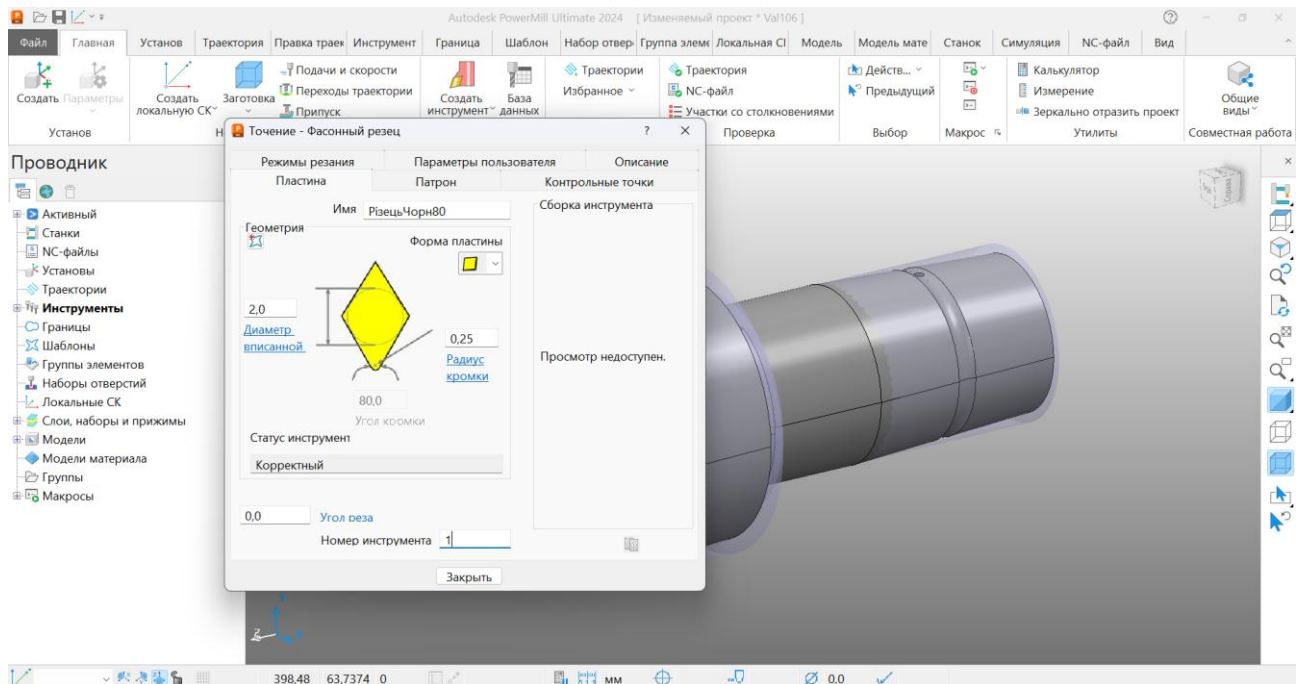


Рисунок 3.5 – Створення моделі чорнового різця

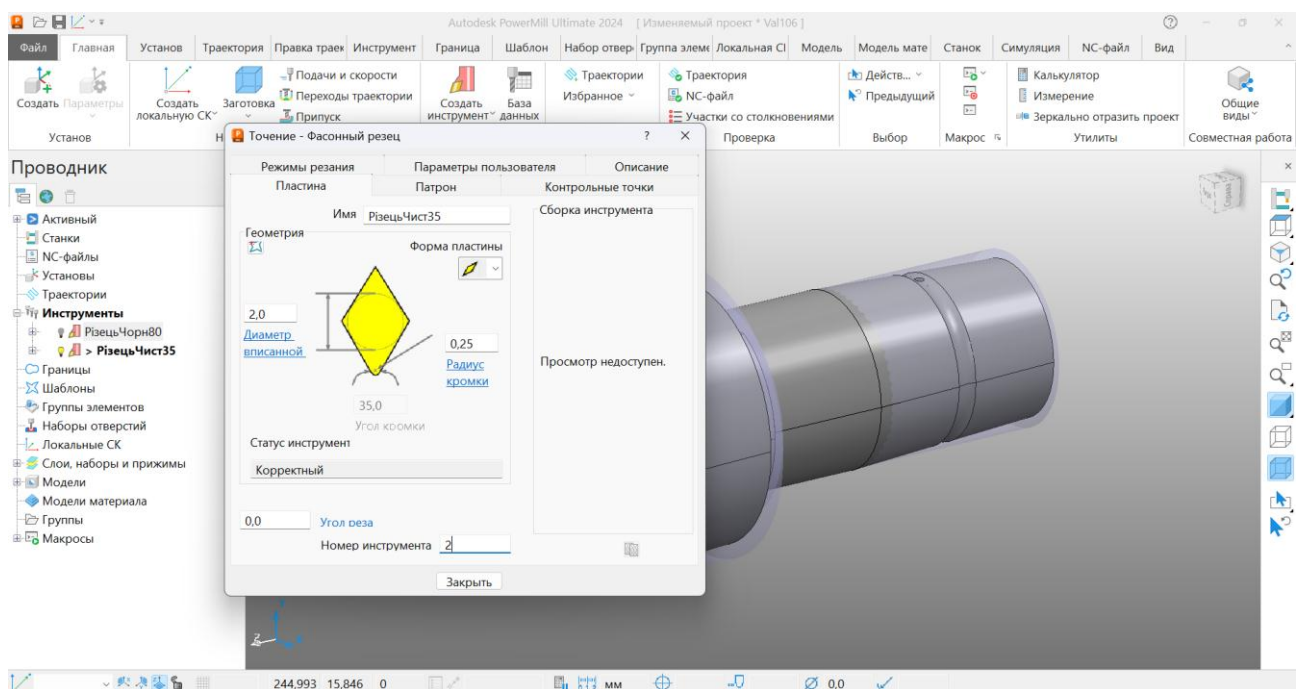


Рисунок 3.6 – Створення моделі чистового різця

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

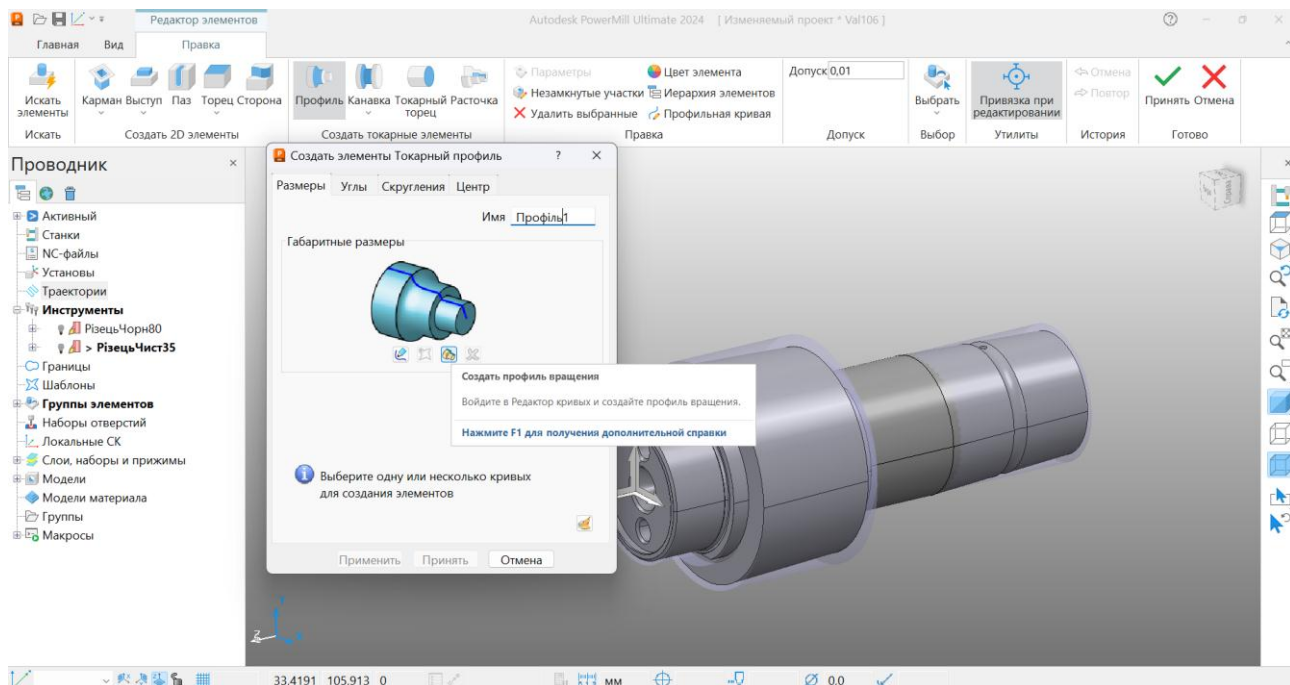


Рисунок 3.7 – Створення елемента «Токарний профіль»

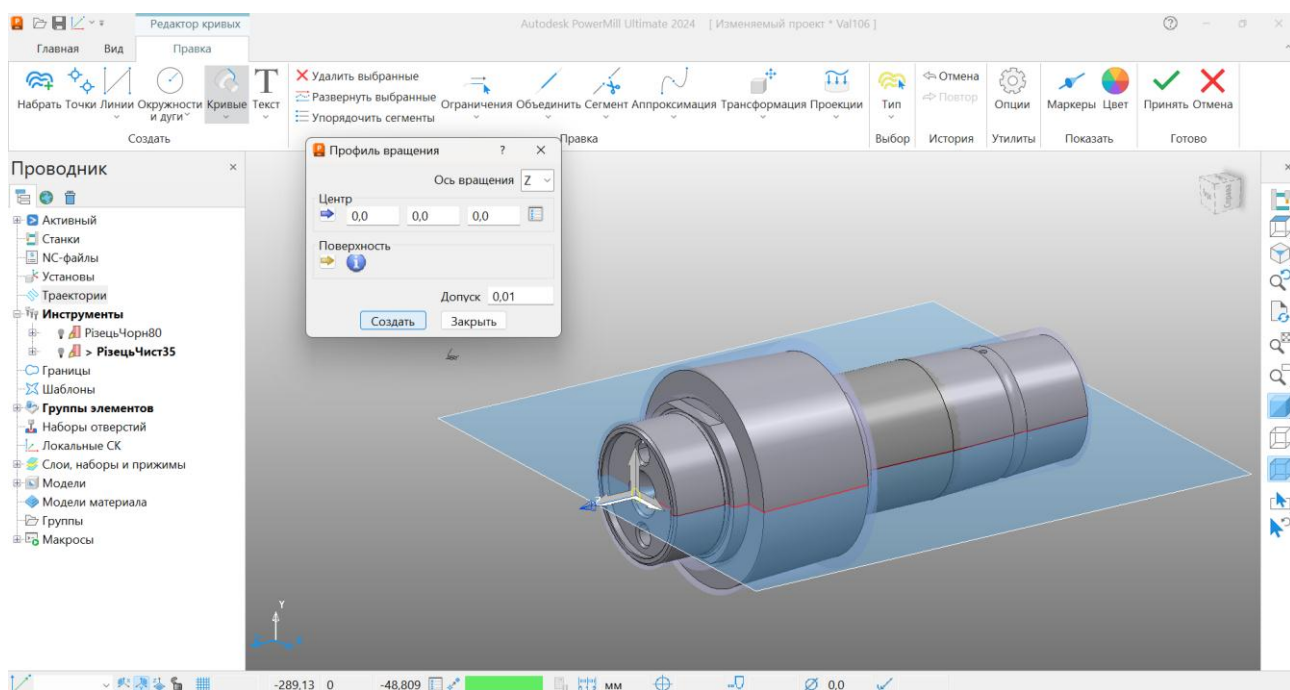


Рисунок 3.8 – Перетин деталі площиною

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

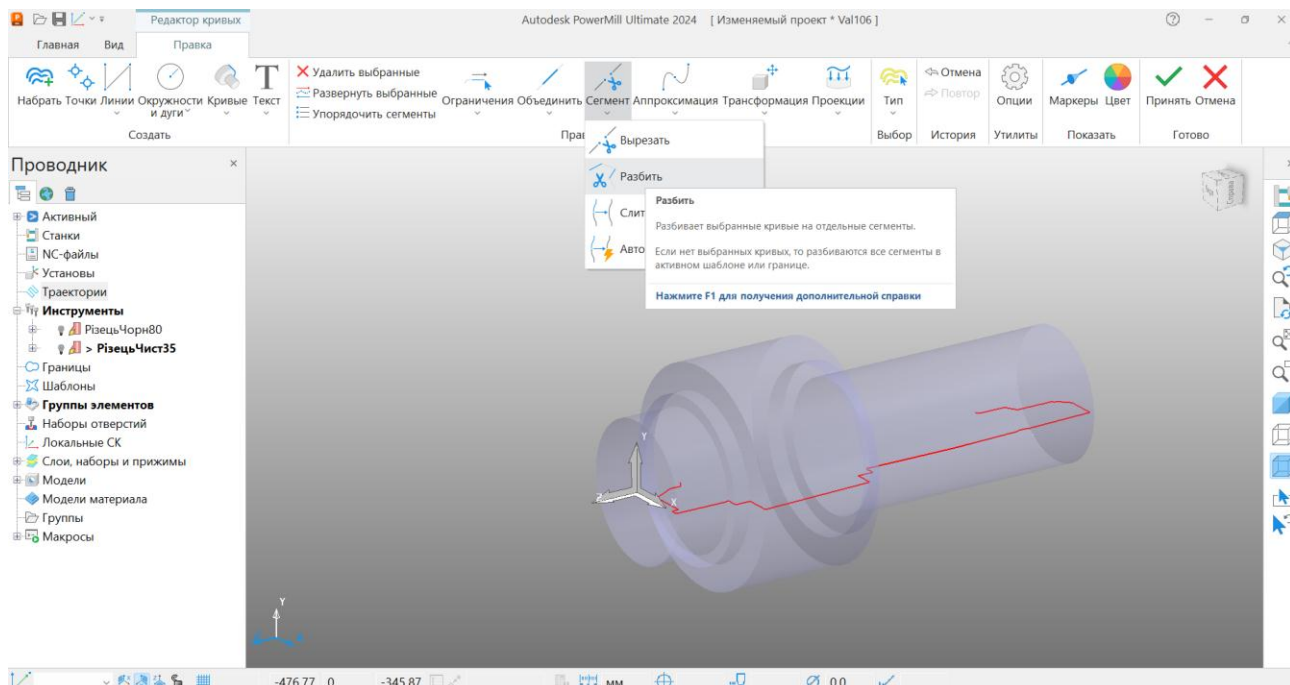


Рисунок 3.9 – Розбиття лінії перетину на ділянки

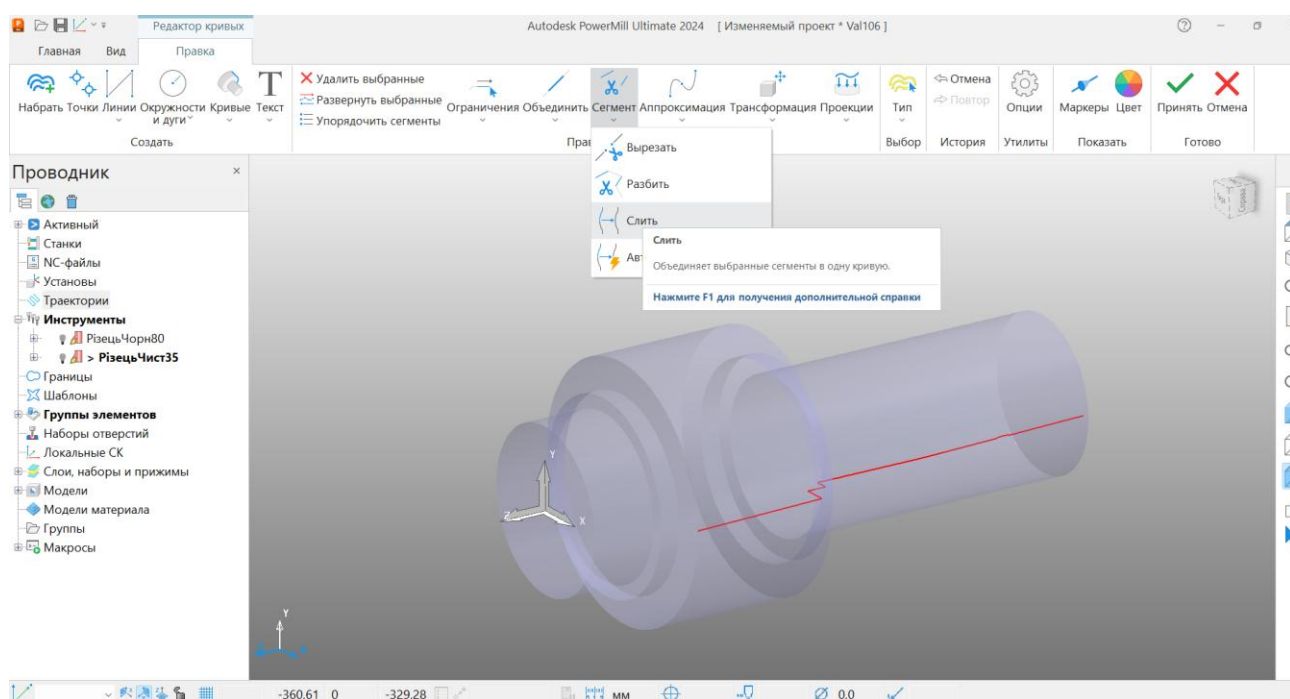


Рисунок 3.10 – Злиття ділянок для створення контуру

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

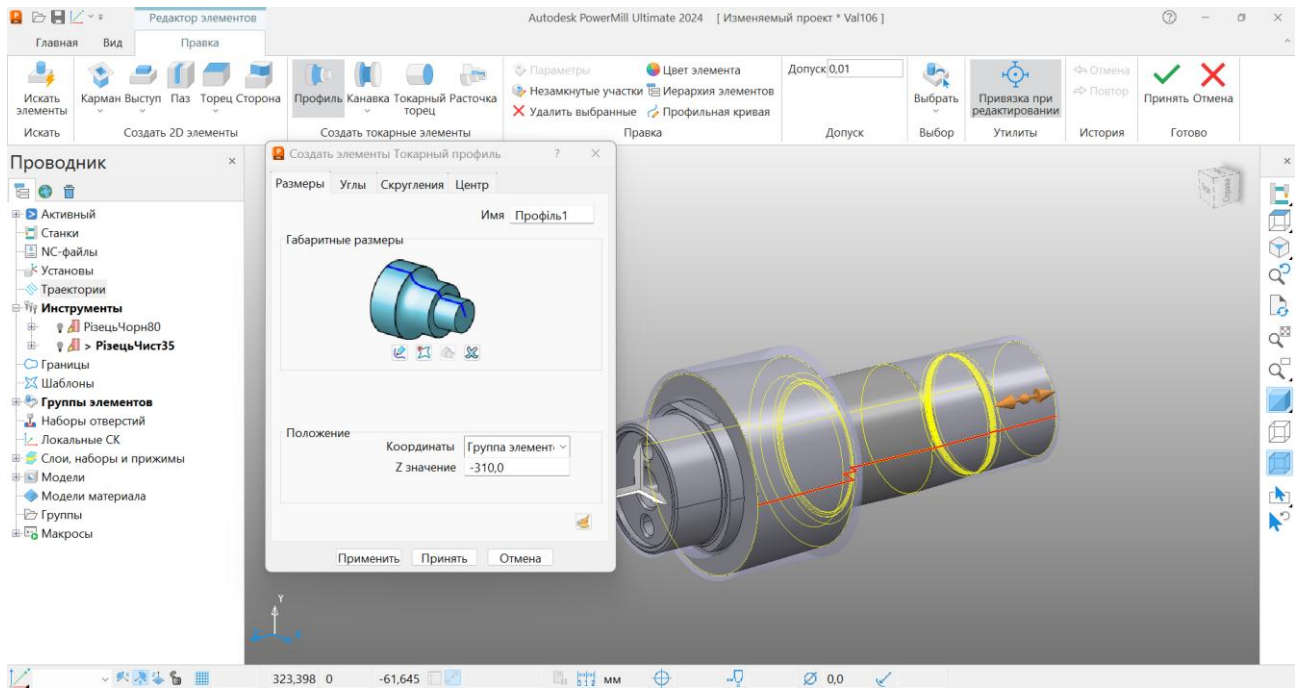


Рисунок 3.11 – Отримання профілю обертання

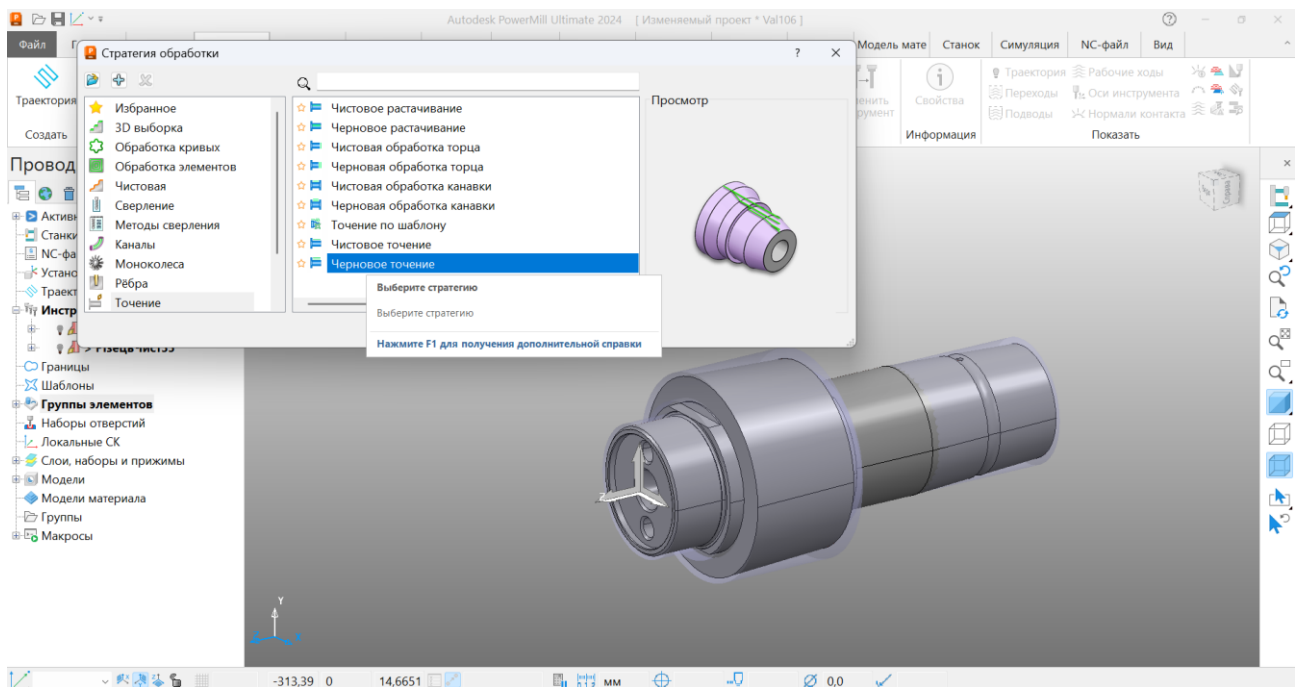


Рисунок 3.12 – Вибір стратегії обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

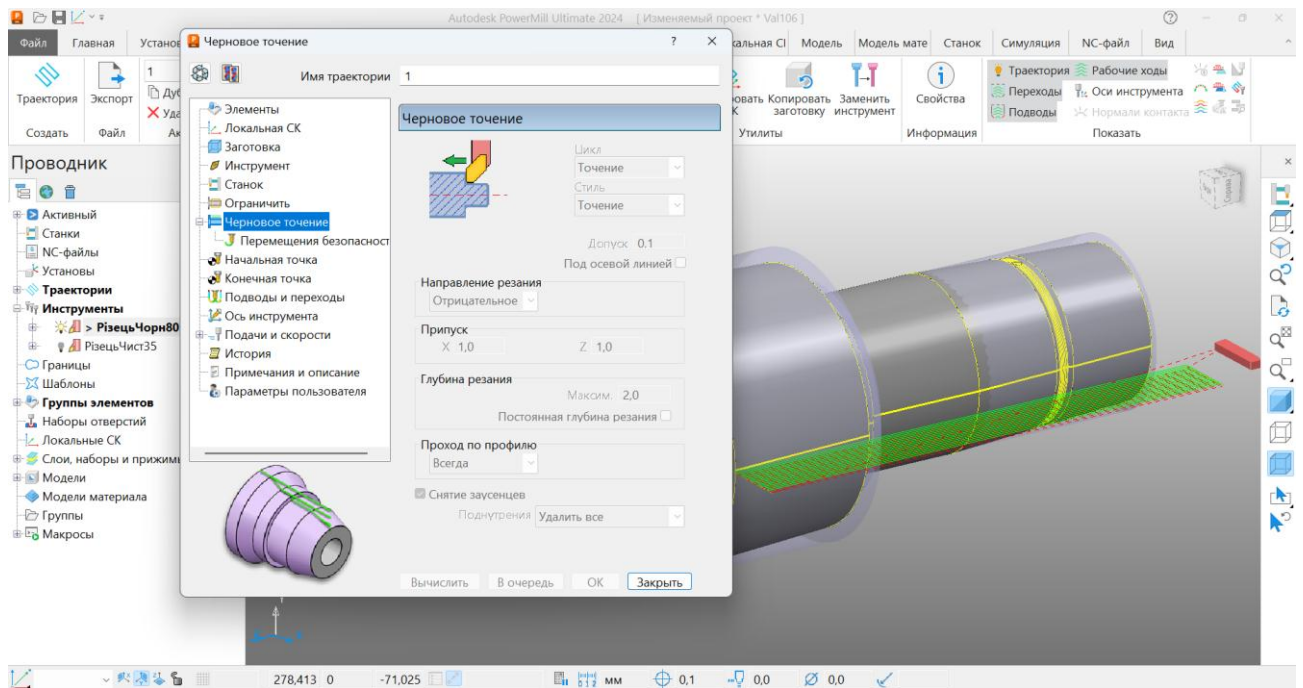


Рисунок 3.13 – Проективання чорнового точіння

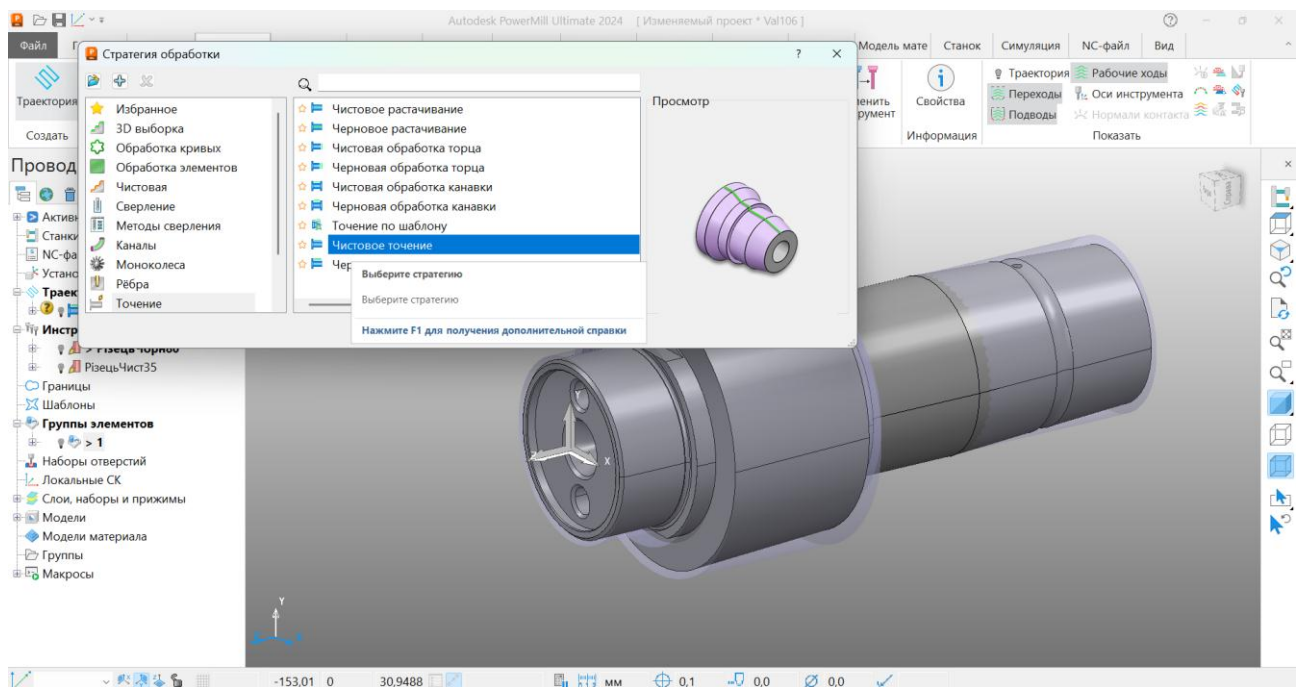


Рисунок 3.14 – Вибір стратегії обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

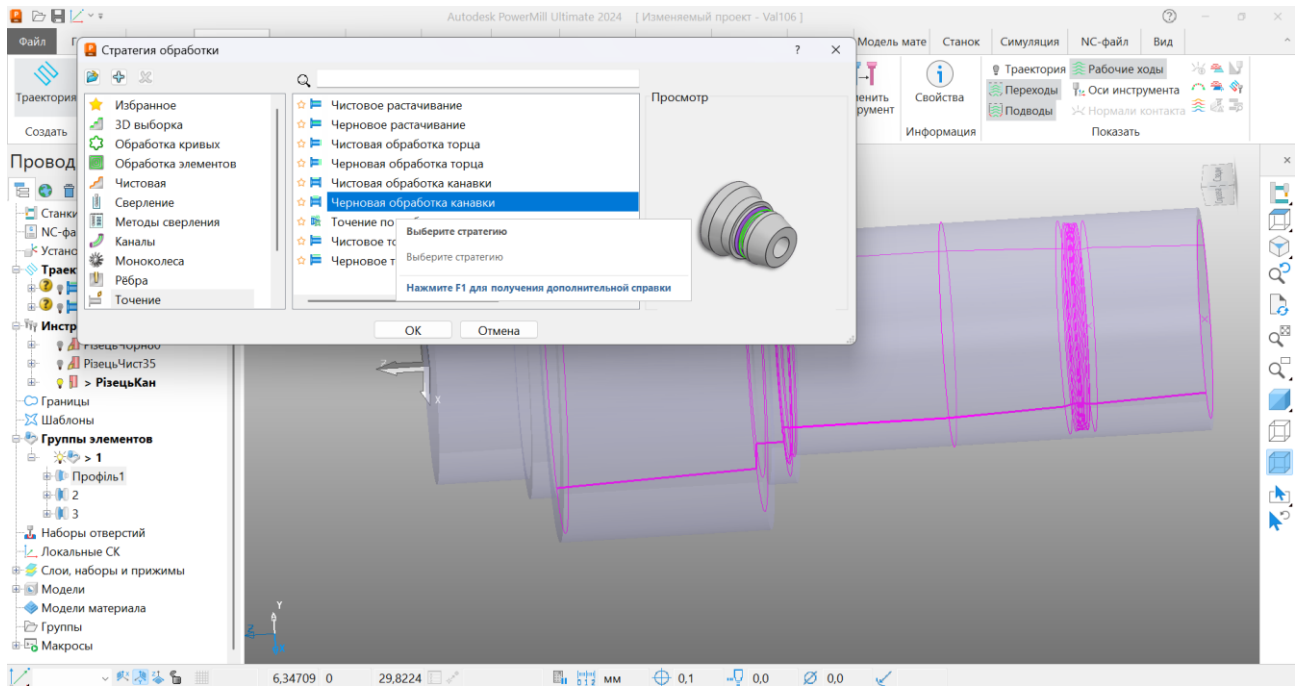


Рисунок 3.19 – Вибір стратегії обробки

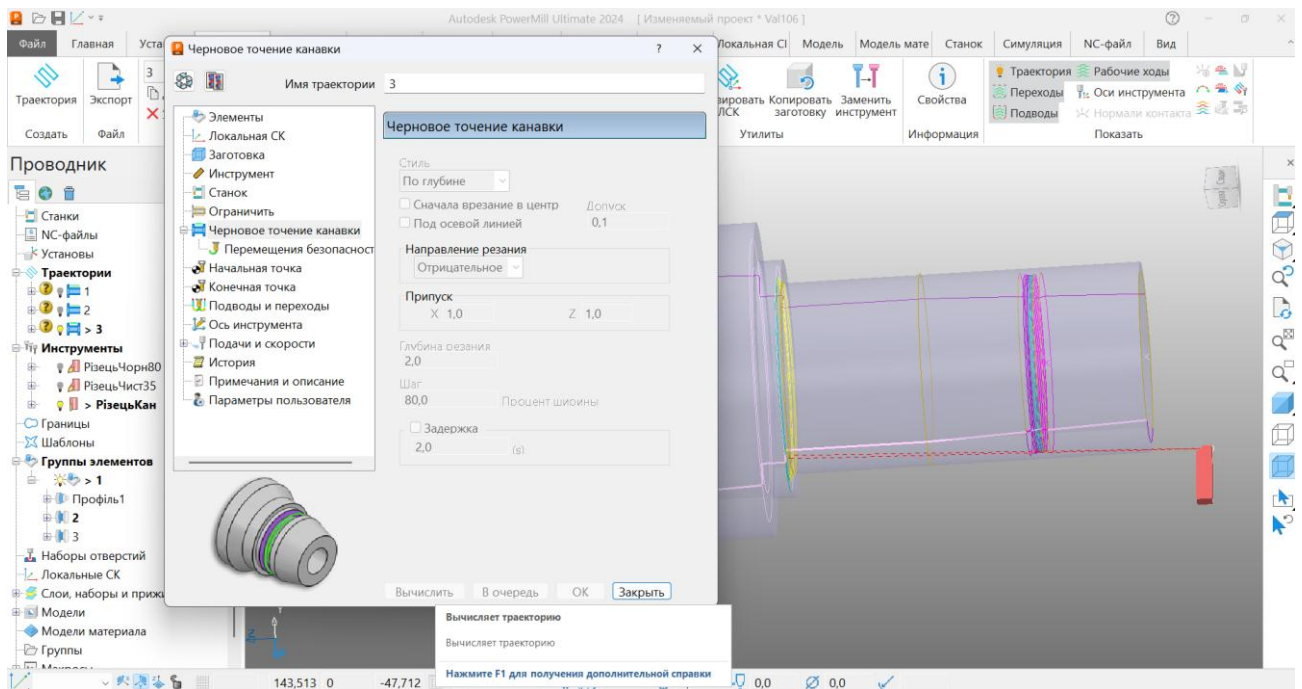


Рисунок 3.20 – Проектування чорного точіння канавки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

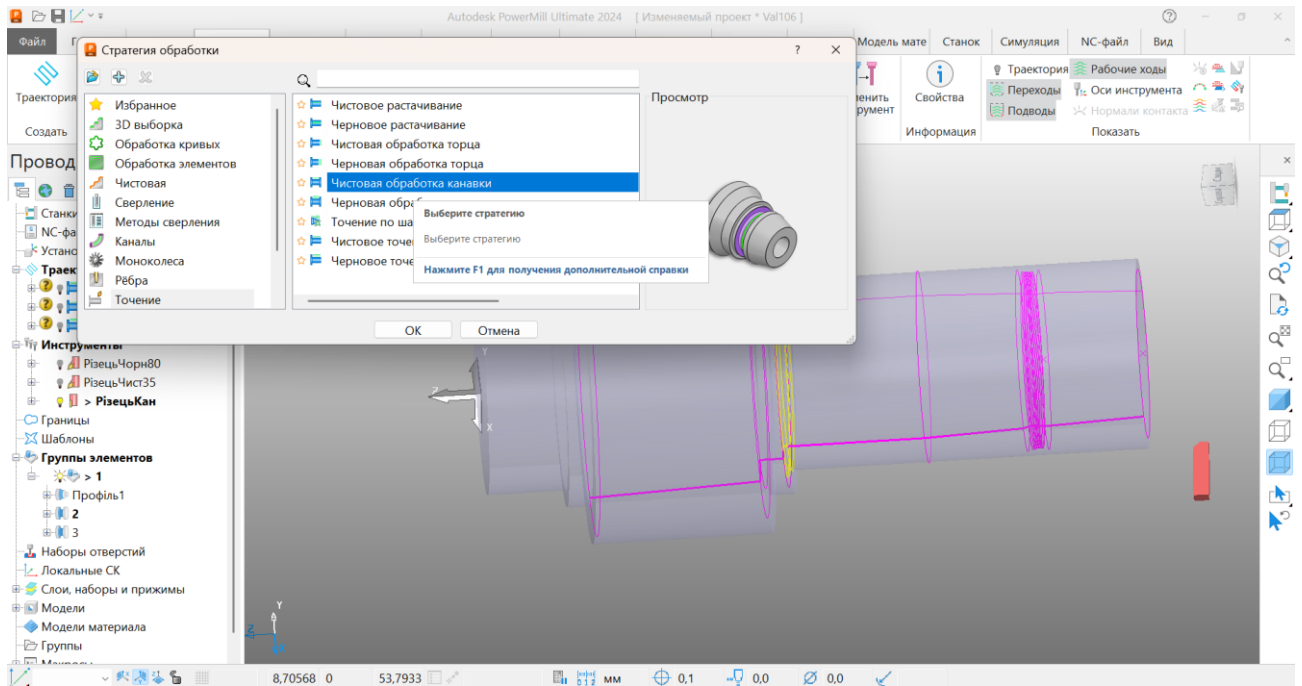


Рисунок 3.21 – Вибір стратегії обробки

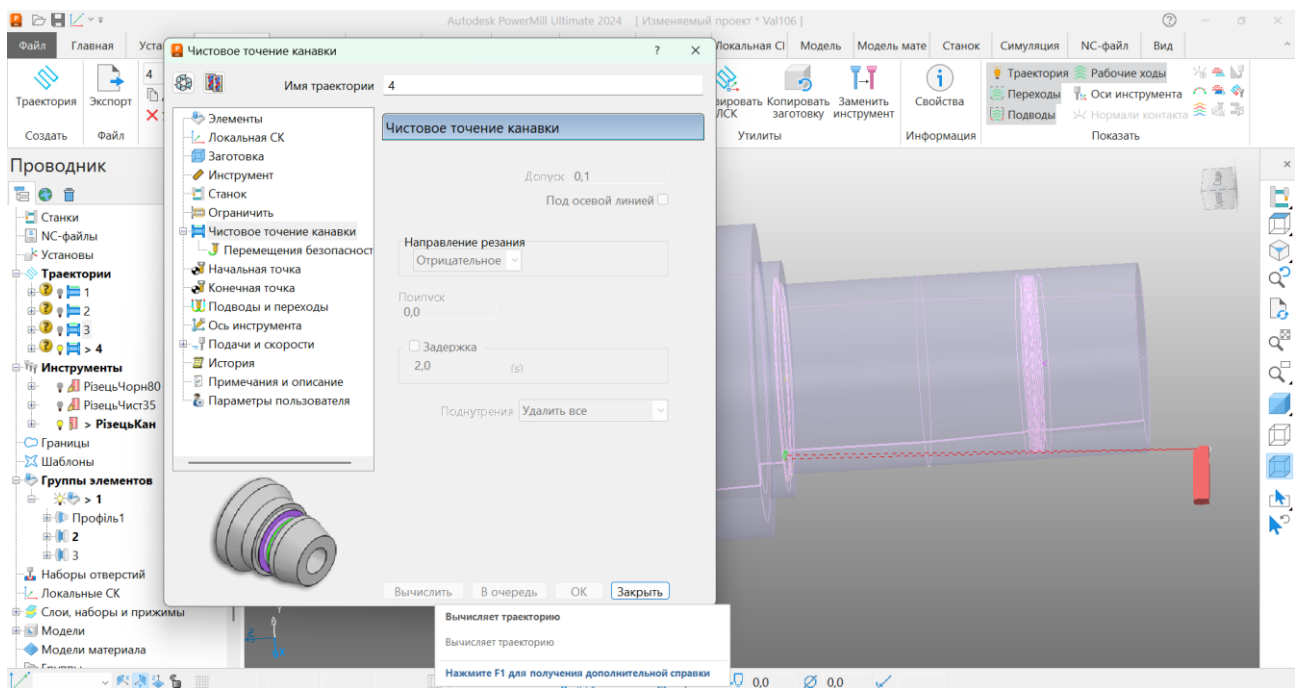


Рисунок 3.22 – Проектування чистового точіння канавки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

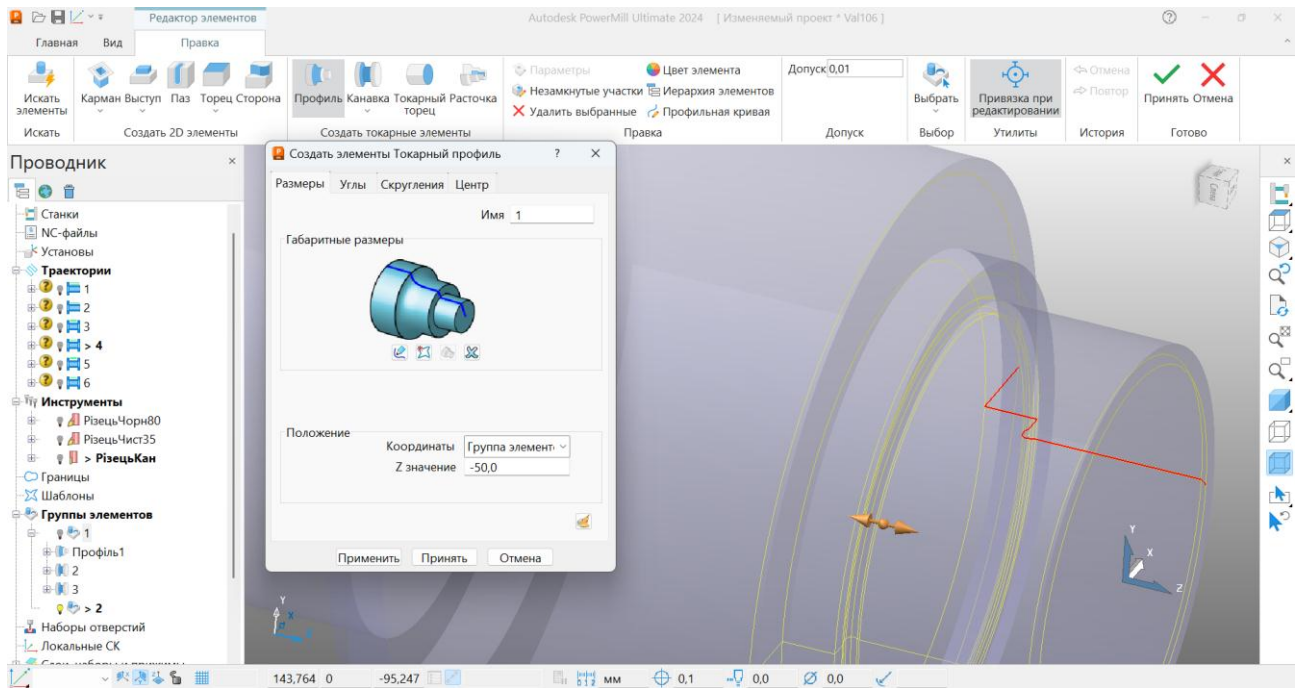


Рисунок 3.25 – Відредагований профіль

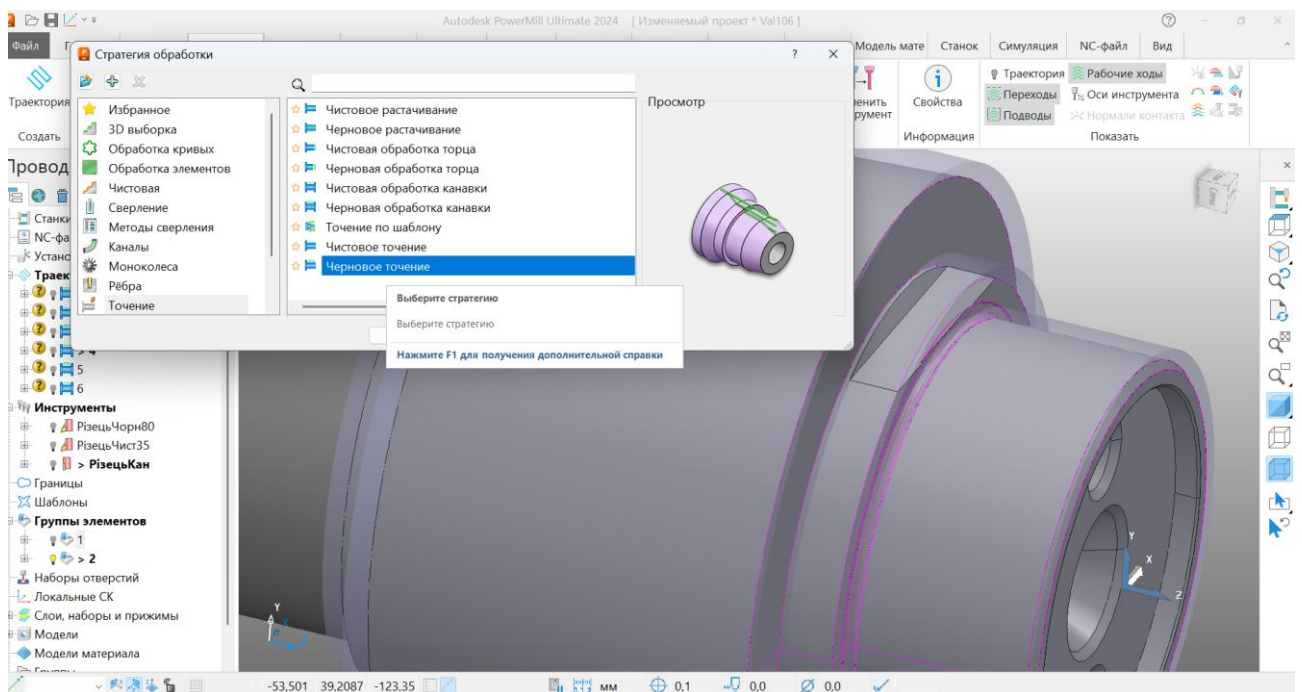


Рисунок 3.26 – Вибір стратегії обробки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

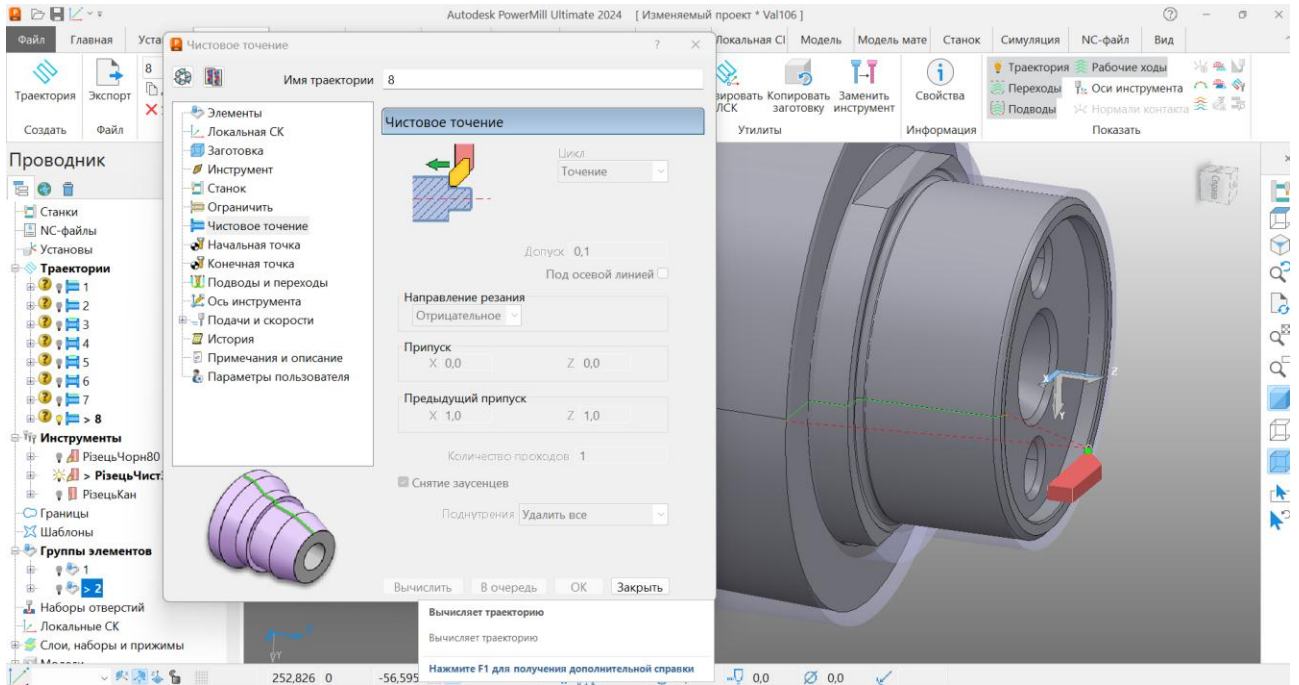


Рисунок 3.29 – Проективання чистового точіння

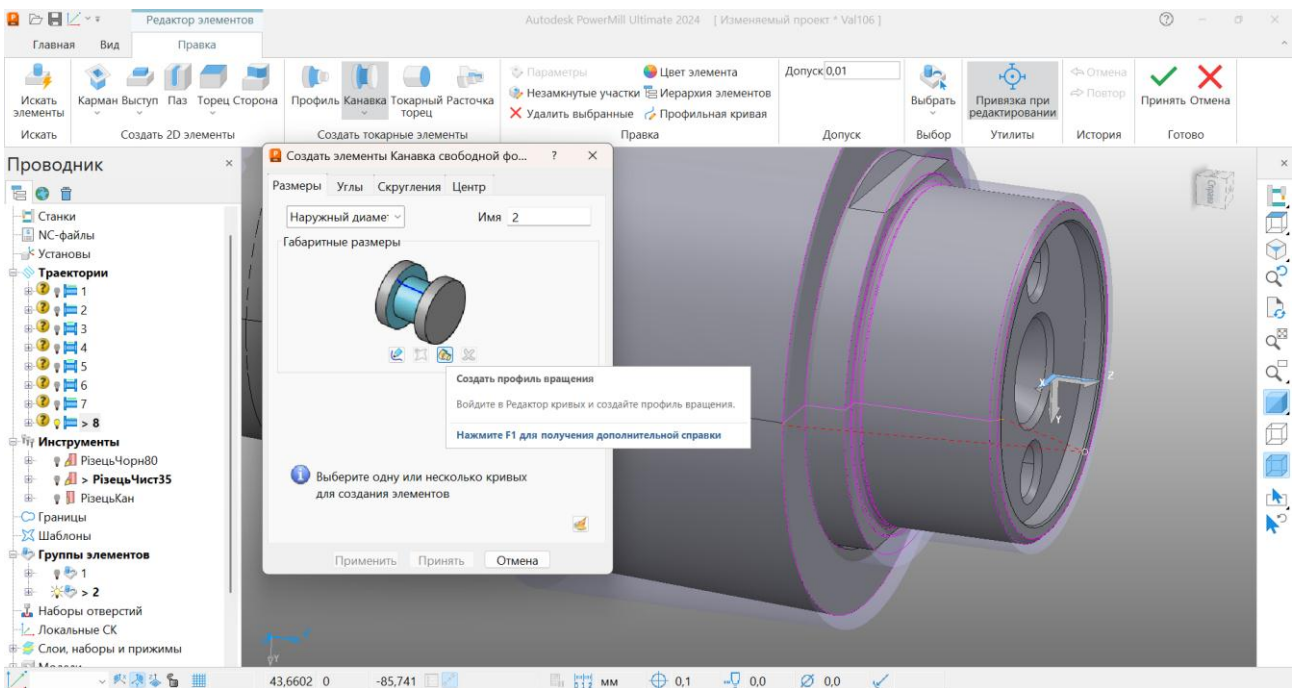


Рисунок 3.30 – Створення елементу «Канавка»

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

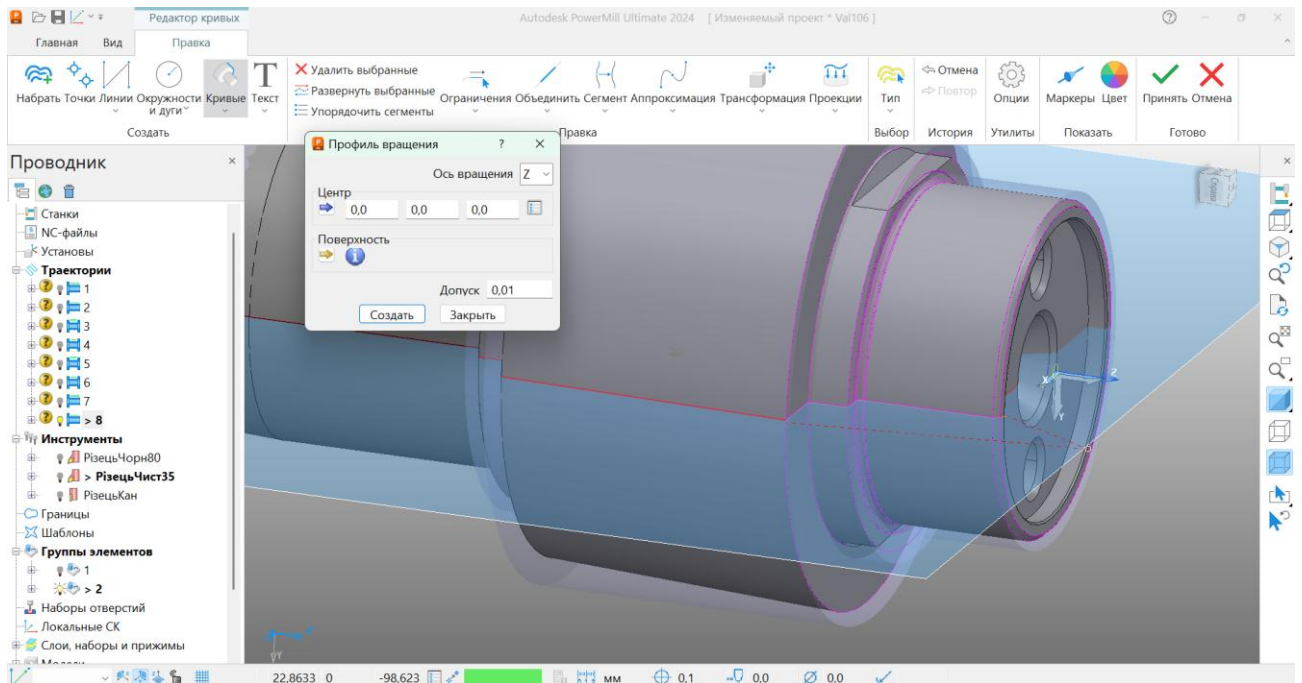


Рисунок 3.31 – Отримання профілю обертання

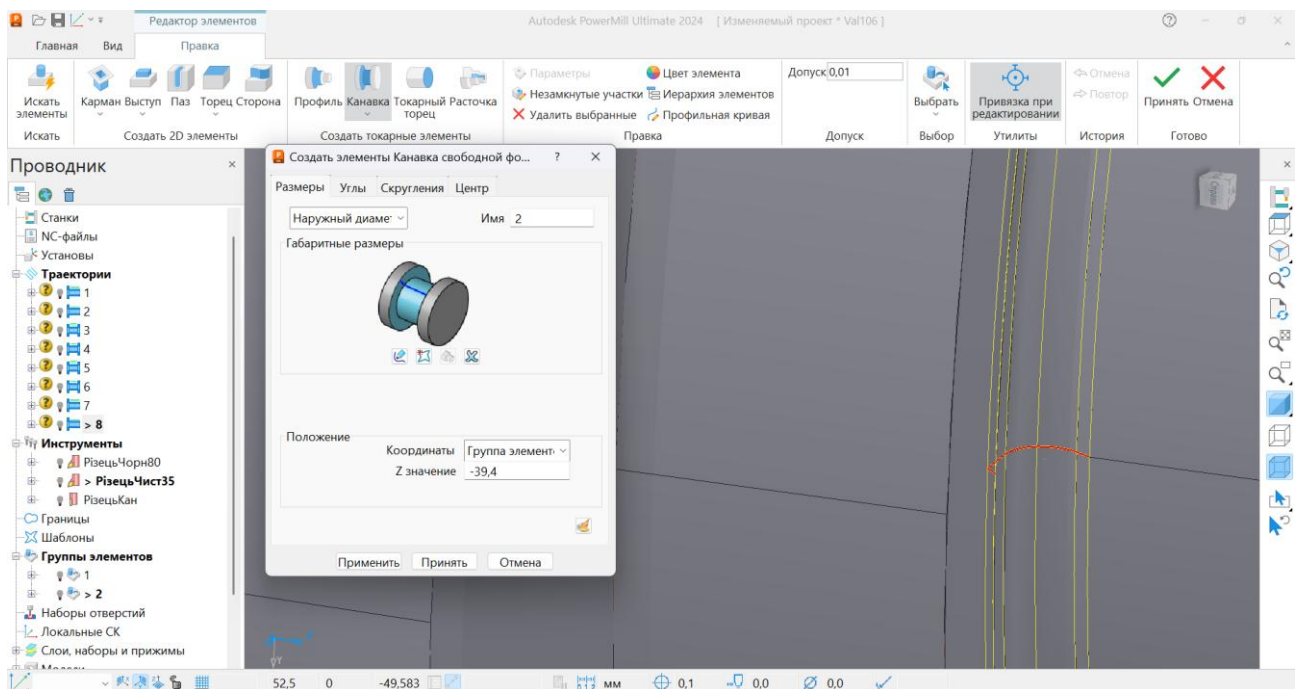


Рисунок 3.32 – Відредагований профіль канавки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

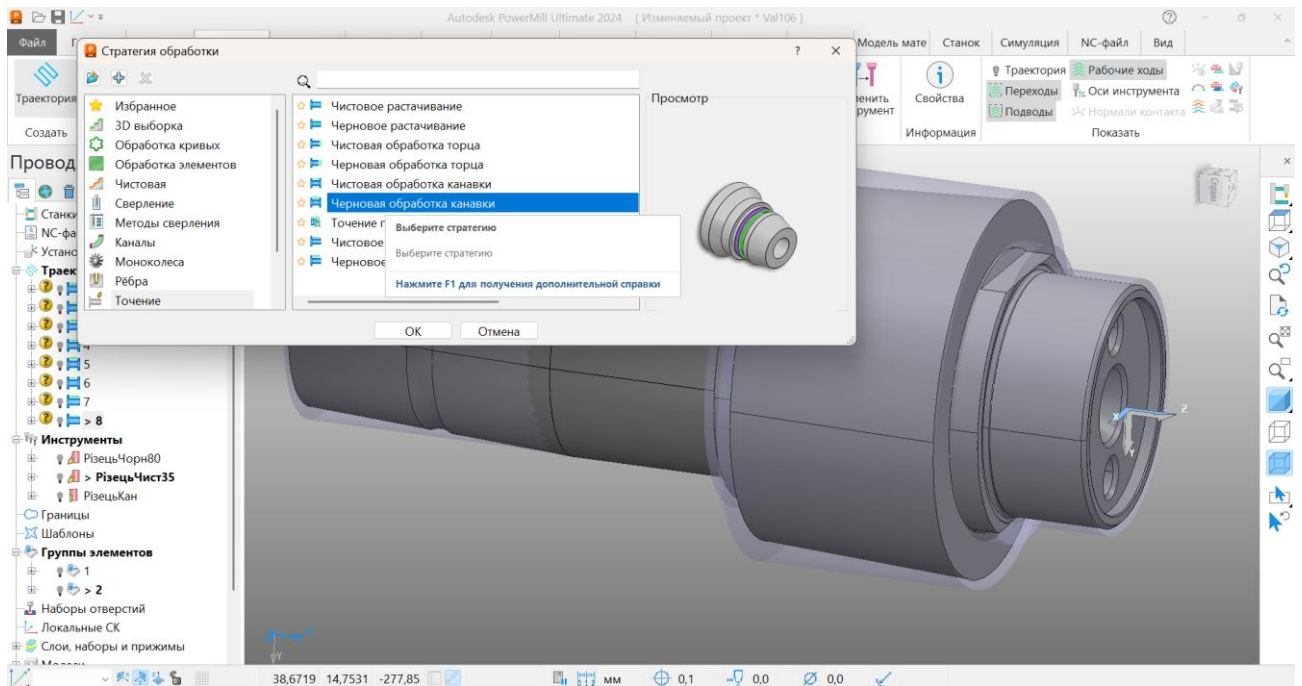


Рисунок 3.33 – Вибір стратегії обробки

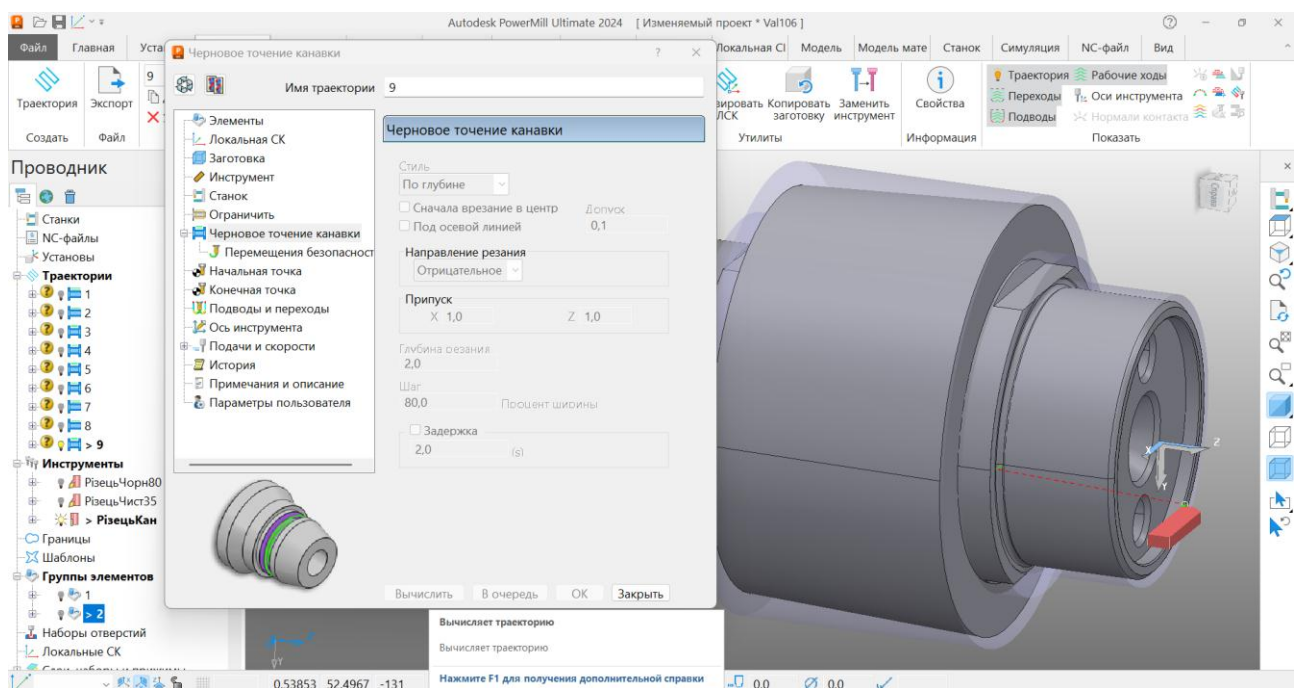


Рисунок 3.34 – Проектування чорного точіння канавки

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

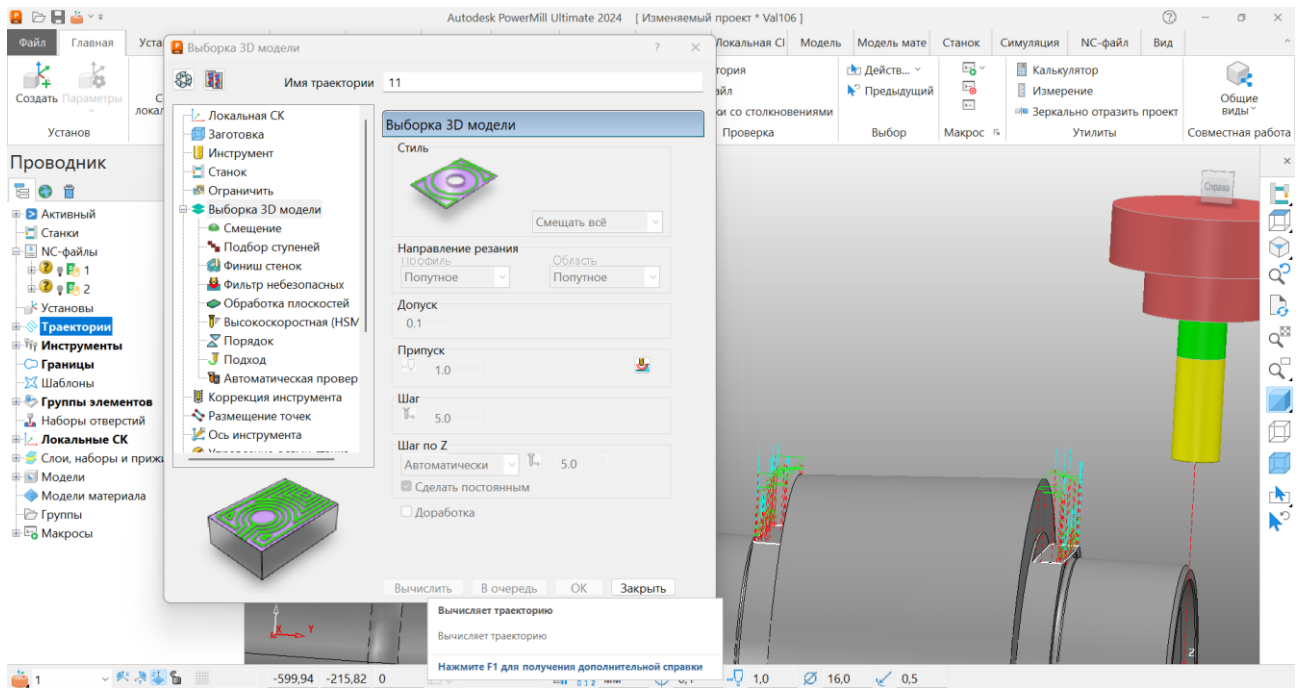


Рисунок 3.39 – Проектирование фрезерования лисок

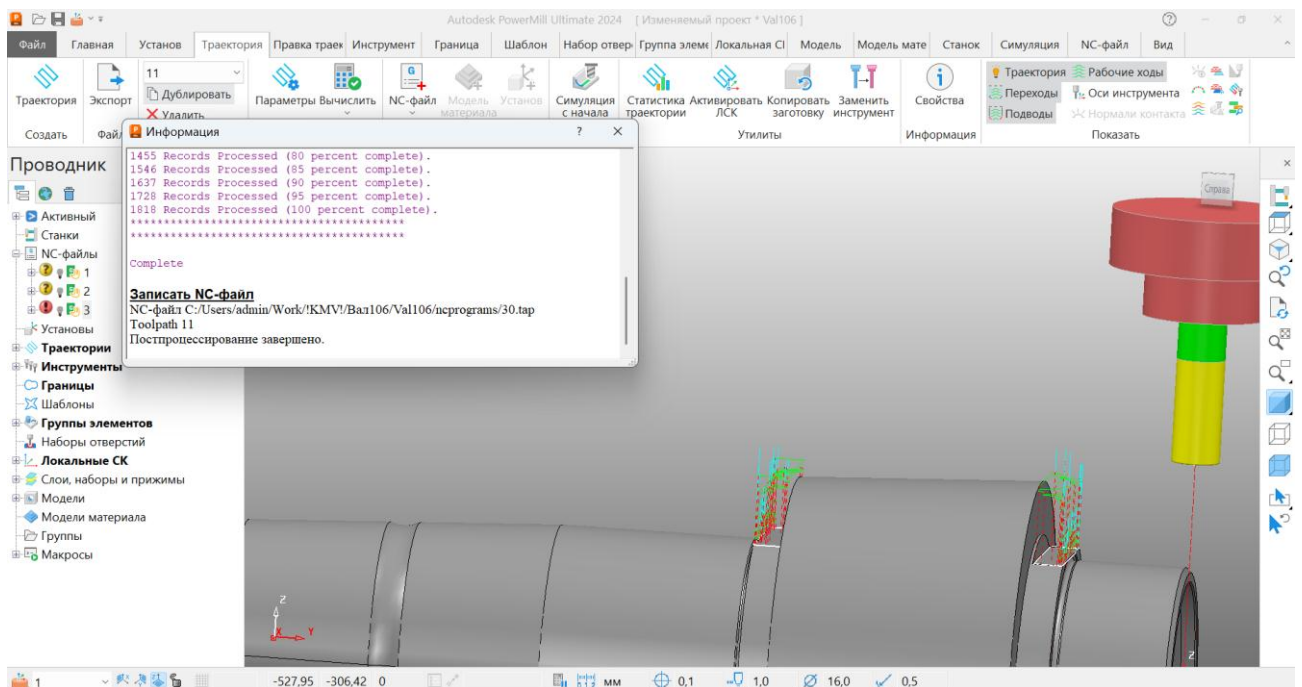


Рисунок 3.40 – Запис NC-файла

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР.ПМ-575.00.000 ПЗ				

Висновок

В даній роботі розроблений і обґрунтований технологічний процес виготовлення вала 106.30.10.193 в умовах середньо-серійного виробництва.

В процесі проектування проведено конструкторсько-технологічний аналіз деталі та базового технологічного процесу, в результаті його обґрунтовано застосуванням заготовки-кованки, верстатів з ЧПК, а також застосовано пристрої з механізованим приводом, один з котрих - фрезерний приведений в графічній частині. Крім цього, в графічній частині приведено схеми до карти налагодження на свердлильні операції.

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

Техніко-економічними розрахунками підтверджено економічну вигідність впровадження у виробництво запропонованого технологічного процесу.

					БР.ПМ-575.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

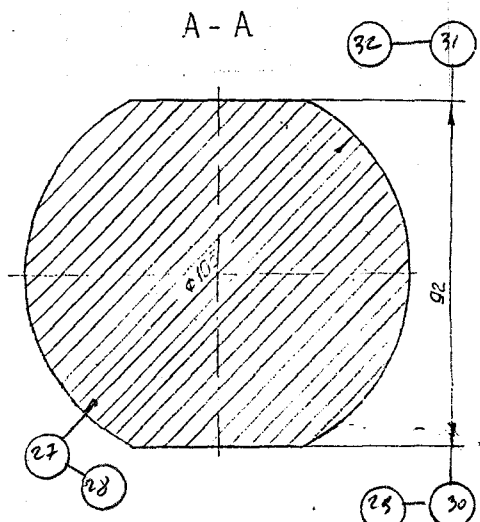
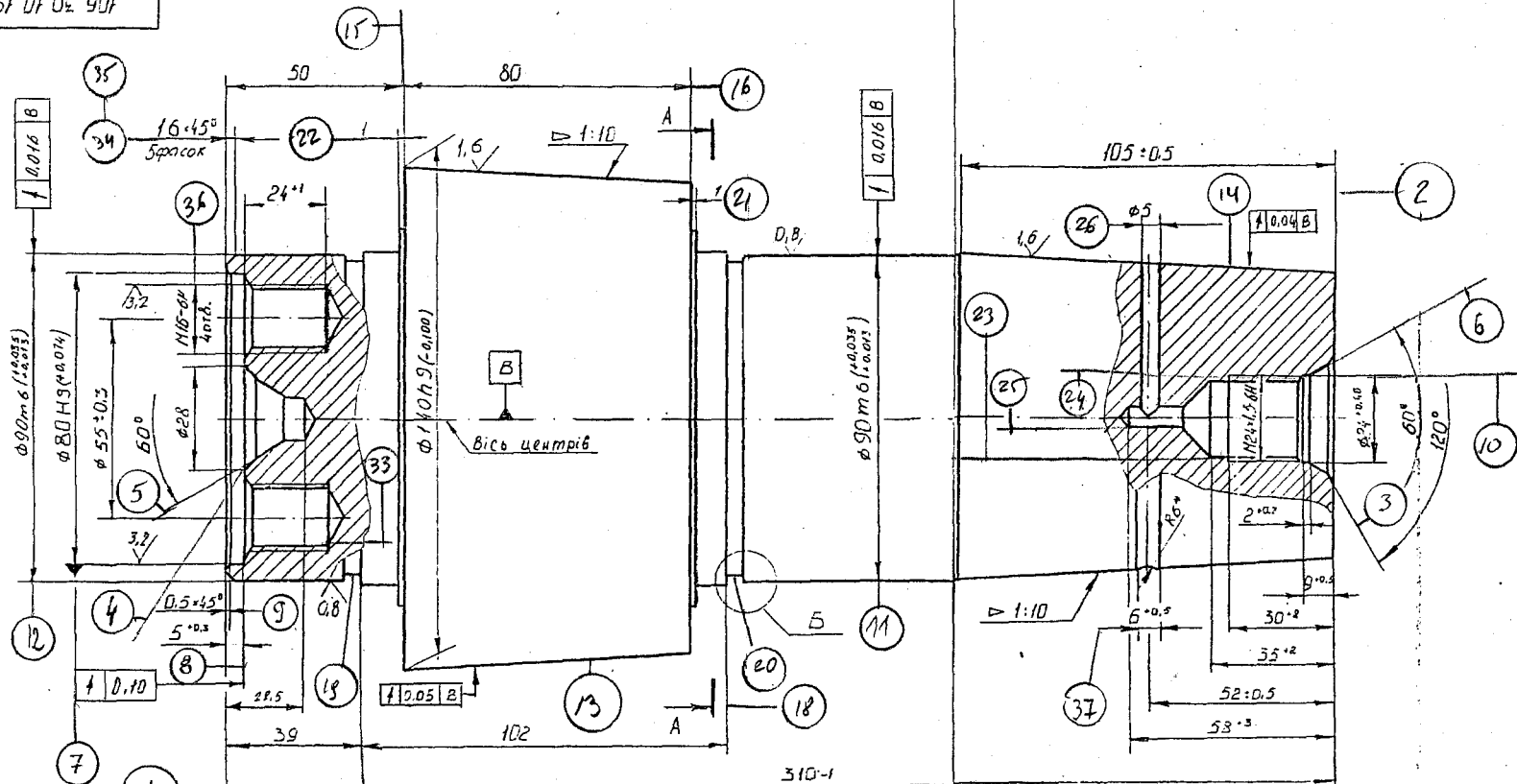
1. Панчук В.Г., Карпик Р.Т., Врюкало В.В., Одосій З.М. Бакалаврська робота: методичні вказівки. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021.с.
2. ДСТУ 4738:2007(ГОСТ 2590-2006)(EN 10060:2003, NEQ) Прокат сортовий сталевий гарячекатаний круглий. Сортамент
3. Основи технології виробництва машин : навчальний посібник / Г. П. Кремнев, В. М. Колеснік, Ф. В. Новіков, В. О. Жовтобрюх. Дніпро : ЛІРА, 2022. 136 с.
4. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Механоскладальні дільниці та цехи у машинобудуванні» Частина 1 для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Технології машинобудування» /Укл. В.В. Кононов, В.О. Логомінов, – Запоріжжя: ЗНТУ, 2019. – 64 с
5. Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с Справочник технологии машиностроения т.1 Под редакцией А.Н. Мавова. М., Машиностроение, 1973. – 694 с.
6. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. / П. О. Руденко . — К. : Вища школа, 1993. — 414 с.
7. Основи технології машинобудування. Частина 2 : навчальний посібник / О. В. Дерібо — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 114 с.
8. Проектування технологічних процесів. Частина1. Оброблення деталей - тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.
9. Карпик Р. Т. Технологічна оснастка. Методичні вказівки / Р. Т.Карпик, Б. Д. Сторож. – Івано-Франківськ: Факел, 2010. – 80 с.
10. <https://www.secotools.com/>
11. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

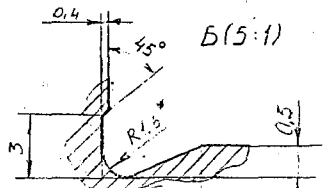
БР.ПМ-575.00.000 ПЗ

Додатки

- А - Креслення деталі;
- Б - Керуюча програма ЧПК;
- В - Технічна документація;
- Г - Специфікація пристрою.



1. HB 241... 286
2. *Размеры обозначены инструментом.
3. Центровые отверстия В10 та H124*1,5 ГОСТ 14034-74.
4. Неказани граничні відхилення розмірів: H4, h4 ± 1/2



5. Точність кінцевих поверхонь за АТ7 ГОСТ 8908-81.

106.30.10.193		
Вал	19.8	1:1

ДОДАТОК Б

```
100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|PI3EЦЬЧOPH80|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 10 MM
105 ; PROGRAM NAME : 10
106 ; PART NAME    : 1
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:47
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER     : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE  : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 1|PI3EЦЬЧOPH80|   | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 6 MIN 5 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 1
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132   Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133   Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134   Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO.   :1
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID    : PI3EЦЬЧOPH80
140 ; TOOL DIA   : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
```

143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X412.164 Z-148.0 R0 FQ3
151 L X404.2978 F0.2
152 L Z-410.0
153 L X408.164
154 L X410.9925 Z-408.5858
155 L Z-148.0 FQ3
156 L X408.7978
157 L X400.4315 F0.2
158 L Z-410.0
159 L X404.2978
160 L X407.1262 Z-408.5858
161 L Z-148.0 FQ3
162 L X404.9315
163 L X396.5652 F0.2
164 L Z-410.0
165 L X400.4315
166 L X403.2599 Z-408.5858
167 L Z-148.0 FQ3
168 L X401.0652
169 L X392.6989 F0.2
170 L Z-410.0
171 L X396.5652
172 L X399.3936 Z-408.5858
173 L Z-148.0 FQ3
174 L X397.1989
175 L X388.8326 F0.2
176 L Z-410.0
177 L X392.6989
178 L X395.5273 Z-408.5858
179 L Z-148.0 FQ3
180 L X393.3326
181 L X384.9663 F0.2
182 L Z-410.0
183 L X388.8326
184 L X391.661 Z-408.5858
185 L Z-148.0 FQ3
186 L X389.4663
187 L X381.1 F0.2
188 L Z-410.0
189 L X384.9663

190 L X387.7947 Z-408.5858
191 L Z-148.0 FQ3
192 L X385.6
193 L X377.2337 F0.2
194 L Z-410.0
195 L X381.1
196 L X383.9284 Z-408.5858
197 L Z-148.0 FQ3
198 L X381.7337
199 L X373.3674 F0.2
200 L Z-410.0
201 L X377.2337
202 L X380.0621 Z-408.5858
203 L Z-148.0 FQ3
204 L X377.8674
205 L X369.5011 F0.2
206 L Z-410.0
207 L X373.3674
208 L X376.1958 Z-408.5858
209 L Z-148.0 FQ3
210 L X374.0011
211 L X365.6348 F0.2
212 L Z-410.0
213 L X369.5011
214 L X372.3295 Z-408.5858
215 L Z-148.0 FQ3
216 L X370.1348
217 L X361.7685 F0.2
218 L Z-410.0
219 L X365.6348
220 L X368.4633 Z-408.5858
221 L Z-148.0 FQ3
222 L X366.2685
223 L X357.9022 F0.2
224 L Z-410.0
225 L X361.7685
226 L X364.597 Z-408.5858
227 L Z-148.0 FQ3
228 L X362.4022
229 L X354.0359 F0.2
230 L Z-410.0
231 L X357.9022
232 L X360.7307 Z-408.5858
233 L Z-148.0 FQ3
234 L X358.5359
235 L X350.1697 F0.2
236 L Z-410.0

237 L X354.0359
238 L X356.8644 Z-408.5858
239 L Z-148.0 FQ3
240 L X354.6697
241 L X346.3034 F0.2
242 L Z-410.0
243 L X350.1697
244 L X352.9981 Z-408.5858
245 L Z-148.0 FQ3
246 L X350.8034
247 L X342.4371 F0.2
248 L Z-410.0
249 L X346.3034
250 L X349.1318 Z-408.5858
251 L X320.0 Z-440.0 FQ3
252 ; -----
253 ; END TOOLPATH : 1
254 ; -----
255 M09
256 M05
257 L M140 MBMAX FMAX
258 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
259 CYCL DEF 32.1
260 CYCL DEF 32.2
261 M30
262 END PGM 10 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 2|PI3EЦЬЧИCT35| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 11 MM
105 ; PROGRAM NAME : 11
106 ; PART NAME : 1
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:49
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 2|PI3EЦЬЧИCT35| | 0.0 |

118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 22 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
 Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 2
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :2
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : PІЗЕЦЬЧИСТ35
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 2 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X340.4371 Z-148.0 R0 FQ3
151 L Z-150.0 F0.2
152 L Z-410.0
153 L X341.4724 Z-411.9319
154 L X320.0 Z-440.0 FQ3
155 ; -----
156 ; END TOOLPATH : 2
157 ; -----
158 M09
159 M05
160 L M140 MBMAX FMAX
161 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
162 CYCL DEF 32.1
163 CYCL DEF 32.2

164 M30
165 END PGM 11 MM

```
100 ; -----
101 ; NO.| ID   | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|PI3EЦЬКАН|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 12 MM
105 ; PROGRAM NAME : 12
106 ; PART NAME    : 1
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:51
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB  : 2024019.0
110 ; POST VER     : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE  : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID   | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|PI3EЦЬКАН|   | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 9 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 3
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132   Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133   Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134   Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO.   :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID   : PI3EЦЬКАН
140 ; TOOL DIA  : 0.0 LENGTH 0.0
```

141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X300.7858 Z-242.7664 R0 FQ3
151 L X295.0655 F0.2
152 L X299.0655
153 L X300.7858 FQ3
154 L Z-242.3653
155 L X292.7858 F0.2
156 L X296.7858
157 L X292.5982
158 L X296.5982
159 L X300.7858 FQ3
160 L Z-242.7664
161 L X295.0655 F0.2
162 L X294.2692 Z-242.3653
163 L X292.5982
164 L X296.5982
165 L X320.0 Z-440.0 FQ3
166 ; -----
167 ; END TOOLPATH : 3
168 ; -----
169 M09
170 M05
171 L M140 MBMAX FMAX
172 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
173 CYCL DEF 32.1
174 CYCL DEF 32.2
175 M30
176 END PGM 12 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|PI3EЦЬKAH| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 13 MM
105 ; PROGRAM NAME : 13
106 ; PART NAME : 1
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:53

108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|PI3EЦЬKAH| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 9 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 4
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : PI3EЦЬKAH
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X295.8655 Z-242.8647 R0 FQ3
151 L X290.8655 F0.2
152 L X290.214 Z-242.2995
153 L X290.0544 Z-242.1068

154 L X290.0001 Z-241.9
155 L X300.7858
156 L Z-241.3522
157 L X290.434
158 L X290.1125 Z-241.6054
159 L X290.0001 Z-241.9
160 L X300.7858
161 L X320.0 Z-440.0 FQ3
162 ; -----
163 ; END TOOLPATH : 4
164 ; -----
165 M09
166 M05
167 L M140 MBMAX FMAX
168 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
169 CYCL DEF 32.1
170 CYCL DEF 32.2
171 M30
172 END PGM 13 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|PI3EЦЬКАН| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 14 MM
105 ; PROGRAM NAME : 14
106 ; PART NAME : 1
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:55
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|PI3EЦЬКАН| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 6 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0

125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
 Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 5
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : РІЗЕЦЬКАН
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X290.259 Z-358.6265 R0 FQ3
151 L X285.6274 F0.2
152 L X289.6274
153 L X290.259 FQ3
154 L Z-357.8265
155 L X285.744 F0.2
156 L X289.744
157 L X290.259 FQ3
158 L Z-359.4265
159 L X285.6041 F0.2
160 L X289.6041
161 L X290.259 FQ3
162 L Z-357.0265
163 L X286.0404 F0.2
164 L X287.4546 Z-357.7336
165 L X290.259 FQ3
166 L Z-360.2265
167 L X285.6643 F0.2
168 L X287.0785 Z-359.5194
169 L X290.259 FQ3
170 L Z-361.0265

```
171 L X285.8848 F0.2
172 L X287.299 Z-360.3194
173 L X290.259 FQ3
174 L Z-361.8265
175 L X286.2464 F0.2
176 L X287.6606 Z-361.1194
177 L X290.259 FQ3
178 L Z-354.2518
179 L X287.9185 F0.2
180 L X287.0199 Z-355.2321
181 L X286.3269 Z-356.2533
182 L X285.6428 Z-358.0997
183 L X285.5913 Z-359.864
184 L X287.5913 Z-358.864
185 L X290.259 FQ3
186 L Z-363.0011
187 L X287.0256 F0.2
188 L X286.2252 Z-361.7865
189 L X285.7258 Z-360.5322
190 L X285.5913 Z-359.864
191 L X290.259 FQ3
192 L X320.0 Z-440.0
193 ; -----
194 ; END TOOLPATH : 5
195 ; -----
196 M09
197 M05
198 L M140 MBMAX FMAX
199 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
200 CYCL DEF 32.1
201 CYCL DEF 32.2
202 M30
203 END PGM 14 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID   | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|PI3EЦЬKAH|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 15 MM
105 ; PROGRAM NAME : 15
106 ; PART NAME   : 1
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:57
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER     : 2024.0.0.5142
```

111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|PI3EЦЬКАH| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 4 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
 Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 6
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : PI3EЦЬКАH
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X290.259 Z-363.3713 R0 FQ3
151 L X285.1676 F0.2
152 L X284.2865 Z-362.0323
153 L X283.7393 Z-360.6495
154 L X283.5899 Z-359.907
155 L X290.259 FQ3
156 L Z-353.789

157 L X286.1455 F0.2
158 L X285.1439 Z-354.8846
159 L X284.3769 Z-356.0266
160 L X283.6454 Z-358.0006
161 L X283.5899 Z-359.907
162 L X285.5899 Z-358.907
163 L X290.259 FQ3
164 L X320.0 Z-440.0
165 ; -----
166 ; END TOOLPATH : 6
167 ; -----
168 M09
169 M05
170 L M140 MBMAX FMAX
171 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
172 CYCL DEF 32.1
173 CYCL DEF 32.2
174 M30
175 END PGM 15 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|PI3EЦЬЧOPH80| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 20 MM
105 ; PROGRAM NAME : 20
106 ; PART NAME : BAJI
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:33:26
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 1|PI3EЦЬЧOPH80| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 2 MIN 11 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0

125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
 Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 7
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :1
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : P13EЦЬЧOPH80
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-70.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X408.1756 Z-96.8664 R0 FQ3
151 L X404.1756 F0.2
152 L Z-148.75
153 L X408.164
154 L X410.9925 Z-147.3358
155 L Z-96.8664 FQ3
156 L X404.1872
157 L X400.1872 F0.2
158 L Z-148.75
159 L X404.1756
160 L X407.0041 Z-147.3358
161 L Z-96.8664 FQ3
162 L X400.1988
163 L X396.1988 F0.2
164 L Z-148.75
165 L X400.1872
166 L X403.0156 Z-147.3358
167 L Z-96.8664 FQ3
168 L X396.2104
169 L X392.2104 F0.2
170 L Z-148.75

171 L X396.1988
172 L X399.0272 Z-147.3358
173 L Z-96.8664 FQ3
174 L X392.222
175 L X388.222 F0.2
176 L Z-148.75
177 L X392.2104
178 L X395.0388 Z-147.3358
179 L Z-96.8664 FQ3
180 L X388.2336
181 L X384.2336 F0.2
182 L Z-148.75
183 L X388.222
184 L X391.0504 Z-147.3358
185 L Z-96.8664 FQ3
186 L X384.2451
187 L X380.2451 F0.2
188 L Z-148.75
189 L X384.2336
190 L X387.062 Z-147.3358
191 L Z-96.8664 FQ3
192 L X380.2567
193 L X376.2567 F0.2
194 L Z-148.75
195 L X380.2451
196 L X383.0736 Z-147.3358
197 L Z-96.8664 FQ3
198 L X376.2683
199 L X372.2683 F0.2
200 L Z-148.75
201 L X376.2567
202 L X379.0852 Z-147.3358
203 L Z-96.8664 FQ3
204 L X372.2799
205 L X368.2799 F0.2
206 L Z-148.75
207 L X372.2683
208 L X375.0967 Z-147.3358
209 L Z-96.8664 FQ3
210 L X368.2915
211 L X364.2915 F0.2
212 L Z-148.75
213 L X368.2799
214 L X371.1083 Z-147.3358
215 L Z-96.8664 FQ3
216 L X364.3031
217 L X360.3031 F0.2

218 L Z-148.75
219 L X364.2915
220 L X367.1199 Z-147.3358
221 L Z-96.8664 FQ3
222 L X360.3147
223 L X356.3147 F0.2
224 L Z-148.75
225 L X360.3031
226 L X363.1315 Z-147.3358
227 L Z-96.8664 FQ3
228 L X356.3262
229 L X352.3262 F0.2
230 L Z-148.75
231 L X356.3147
232 L X359.1431 Z-147.3358
233 L Z-96.8664 FQ3
234 L X352.3378
235 L X348.3378 F0.2
236 L Z-148.75
237 L X352.3262
238 L X355.1547 Z-147.3358
239 L Z-96.8664 FQ3
240 L X348.3494
241 L X344.3494 F0.2
242 L Z-148.75
243 L X348.3378
244 L X351.1662 Z-147.3358
245 L Z-96.8664 FQ3
246 L X344.361
247 L X340.361 F0.2
248 L Z-148.75
249 L X344.3494
250 L X347.1778 Z-147.3358
251 L Z-96.8664 FQ3
252 L X340.3726
253 L X336.3726 F0.2
254 L Z-148.7497
255 L X339.9375 Z-148.75
256 L X340.361
257 L X343.1894 Z-147.3358
258 L Z-96.8664 FQ3
259 L X336.3842
260 L X332.3842 F0.2
261 L Z-148.7494
262 L X336.3726 Z-148.7497
263 L X339.201 Z-147.3355
264 L Z-96.8664 FQ3

265 L X332.3957
266 L X328.3957 F0.2
267 L Z-148.749
268 L X332.3842 Z-148.7494
269 L X335.2126 Z-147.3352
270 L Z-96.8664 FQ3
271 L X328.4073
272 L X324.4073 F0.2
273 L Z-148.7487
274 L X328.3957 Z-148.749
275 L X331.2242 Z-147.3348
276 L Z-96.8664 FQ3
277 L X324.4189
278 L X320.4189 F0.2
279 L Z-148.7484
280 L X324.4073 Z-148.7487
281 L X327.2358 Z-147.3345
282 L Z-96.8664 FQ3
283 L X320.4305
284 L X316.4305 F0.2
285 L Z-148.748
286 L X320.4189 Z-148.7484
287 L X323.2473 Z-147.3341
288 L Z-96.8664 FQ3
289 L X316.4421
290 L X312.4421 F0.2
291 L Z-148.7477
292 L X316.4305 Z-148.748
293 L X319.2589 Z-147.3338
294 L Z-96.8664 FQ3
295 L X312.4537
296 L X308.4537 F0.2
297 L Z-148.7474
298 L X312.4421 Z-148.7477
299 L X315.2705 Z-147.3335
300 L Z-96.8664 FQ3
301 L X308.4652
302 L X304.4652 F0.2
303 L Z-137.75
304 L X305.0
305 L X306.2224 Z-137.9096
306 L X307.1804 Z-138.3885
307 L X307.5 Z-138.9997
308 L X307.5052 Z-148.7473
309 L X308.4537 Z-148.7474
310 L X311.2821 Z-147.3331
311 L X311.5046 FQ3

312 L Z-96.8664
313 L X304.4768
314 L X300.4768 F0.2
315 L Z-137.75
316 L X304.4652
317 L X307.2937 Z-136.3358
318 L Z-96.8664 FQ3
319 L X300.4884
320 L X296.4884 F0.2
321 L Z-137.75
322 L X300.4768
323 L X303.3053 Z-136.3358
324 L Z-96.8664 FQ3
325 L X296.5
326 L X292.5 F0.2
327 L Z-137.75
328 L X296.4884
329 L X299.3168 Z-136.3358
330 L Z-96.8664 FQ3
331 L X292.5684
332 L X288.5684 F0.2
333 L Z-99.1164
334 L X291.7684 Z-100.7175
335 L X292.3099 Z-101.1229
336 L X292.5 Z-101.6011
337 L X295.3284 Z-100.1868
338 L X320.0 Z-70.0 FQ3
339 ; -----
340 ; END TOOLPATH : 7
341 ; -----
342 M09
343 M05
344 L M140 MBMAX FMAX
345 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
346 CYCL DEF 32.1
347 CYCL DEF 32.2
348 M30
349 END PGM 20 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 2|РІЗЕЦЬЧИСТ35| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 21 MM
105 ; PROGRAM NAME : 21

```
106 ; PART NAME   : БАЛ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:33:28
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB  : 2024019.0
110 ; POST VER     : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE  : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 2|РІЗЕЦЬЧИСТ35|   | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 7 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 8
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132   Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133   Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134   Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO.   :2
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID    : РІЗЕЦЬЧИСТ35
140 ; TOOL DIA   : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 2 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-70.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X284.3262 Z-98.4086 R0 FQ3
151 L X287.1537 Z-99.8233 F0.2
```

152 L X290.3537 Z-101.4243
153 L X290.462 Z-101.5054
154 L X290.5 Z-101.6011
155 L Z-138.75
156 L X305.0
157 L X305.3535 Z-138.8232
158 L X305.5 Z-138.9999
159 L X305.5057 Z-149.7471
160 L X339.9371 Z-149.75
161 L X343.801 Z-149.2327
162 L X320.0 Z-70.0 FQ3
163 ; -----
164 ; END TOOLPATH : 8
165 ; -----
166 M09
167 M05
168 L M140 MBMAX FMAX
169 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
170 CYCL DEF 32.1
171 CYCL DEF 32.2
172 M30
173 END PGM 21 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|РИЗЕЦЬКАН| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 22 MM
105 ; PROGRAM NAME : 22
106 ; PART NAME : БАЛ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:33:30
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|РИЗЕЦЬКАН| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 5 SEC

122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
 Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 9
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : РІЗЕЦЬКАН
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-70.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X300.7858 Z-136.7684 R0 FQ3
151 L X293.597 F0.2
152 L X297.597
153 L X300.7858 FQ3
154 L Z-137.5684
155 L X292.7858 F0.2
156 L X296.7858
157 L X292.6747
158 L X296.6747
159 L X300.7858 FQ3
160 L Z-137.8982
161 L X292.7858 F0.2
162 L X296.7858
163 L X292.2945
164 L X296.2945
165 L X298.597 FQ3
166 L Z-136.7684
167 L X293.597 F0.2

168 L X292.2945 Z-137.8982
169 L X294.2945 Z-136.8982
170 L X298.7452 FQ3
171 L Z-137.8982
172 L X292.2945 F0.2
173 L X294.2945 Z-136.8982
174 L X298.7452 FQ3
175 L Z-137.8982
176 L X293.7452 F0.2
177 L X293.6453 Z-137.949
178 L X300.7858 FQ3
179 L X320.0 Z-70.0
180 ; -----
181 ; END TOOLPATH : 9
182 ; -----
183 M09
184 M05
185 L M140 MBMAX FMAX
186 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
187 CYCL DEF 32.1
188 CYCL DEF 32.2
189 M30
190 END PGM 22 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|PI3EЦЬКАН| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 23 MM
105 ; PROGRAM NAME : 23
106 ; PART NAME : БАЛ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:33:32
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 3|PI3EЦЬКАН| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0

121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 HOURS 0 MIN 4 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
 Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 10
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132 Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133 Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134 Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
136 ;
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : ПІЗЕЦЬКАН
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
141 ;
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-70.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X300.7858 Z-138.6497 R0 FQ3
151 L X290.4375 F0.2
152 L X290.1134 Z-138.3958
153 L X290.0 Z-138.1
154 L X300.7858
155 L Z-137.1353
156 L X295.8655
157 L X290.8655
158 L X290.2139 Z-137.7005
159 L X290.0544 Z-137.8932
160 L X290.0 Z-138.1
161 L X300.7858
162 L X320.0 Z-70.0 FQ3
163 ; -----
164 ; END TOOLPATH : 10
165 ; -----
166 M09

167 M05
168 L M140 MBMAX FMAX
169 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
170 CYCL DEF 32.1
171 CYCL DEF 32.2
172 M30
173 END PGM 23 MM

Дубл.			
Взамін.			
Підпис			

--	--	--	--	--

Зм	Ар	№док.	Підпис	Дата

--	--	--	--	--

		ІФНТУНГ	106.30.10.193		
--	--	---------	---------------	--	--

Вал			Н		
-----	--	--	---	--	--

«Затверджую»

Зав.кафедрою проф. Панчук В.Г.

**КОМПЛЕКТ
технологічної
документації**

*Технологічний процес
механічної обробки*

Розробив: ст. гр. ПМ-23-1К

Будзан А.М.

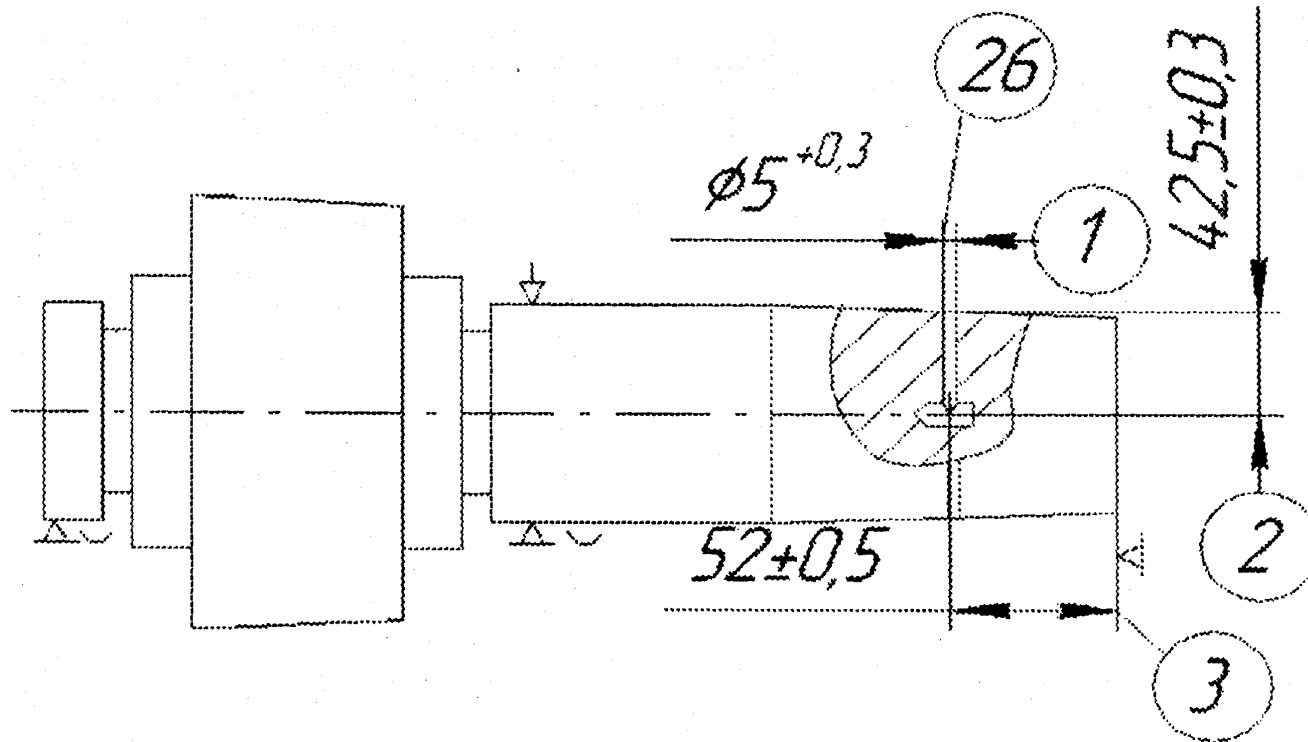
Перевірів: доц. Шуляр І.О.

Акт №__ __ від “ ” _____ 2025 р.

ТЛ	
----	--

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

Розробив	Будзан			І Ф Н Т У Н Г	106.30.10.193	20141.00008					
Перевірів	Шуляр										
Н. контр.	Шуляр			Вал						Н	



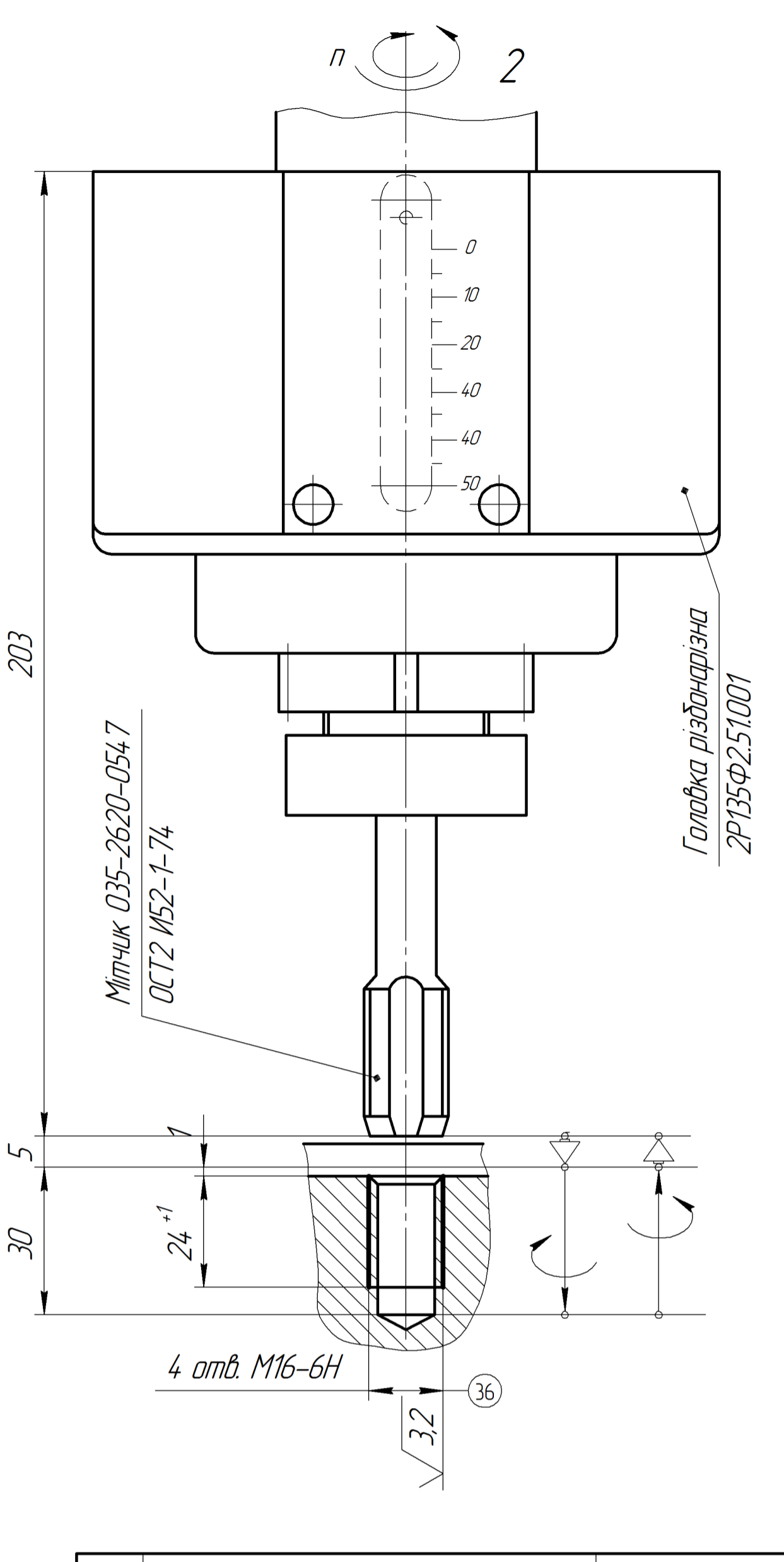
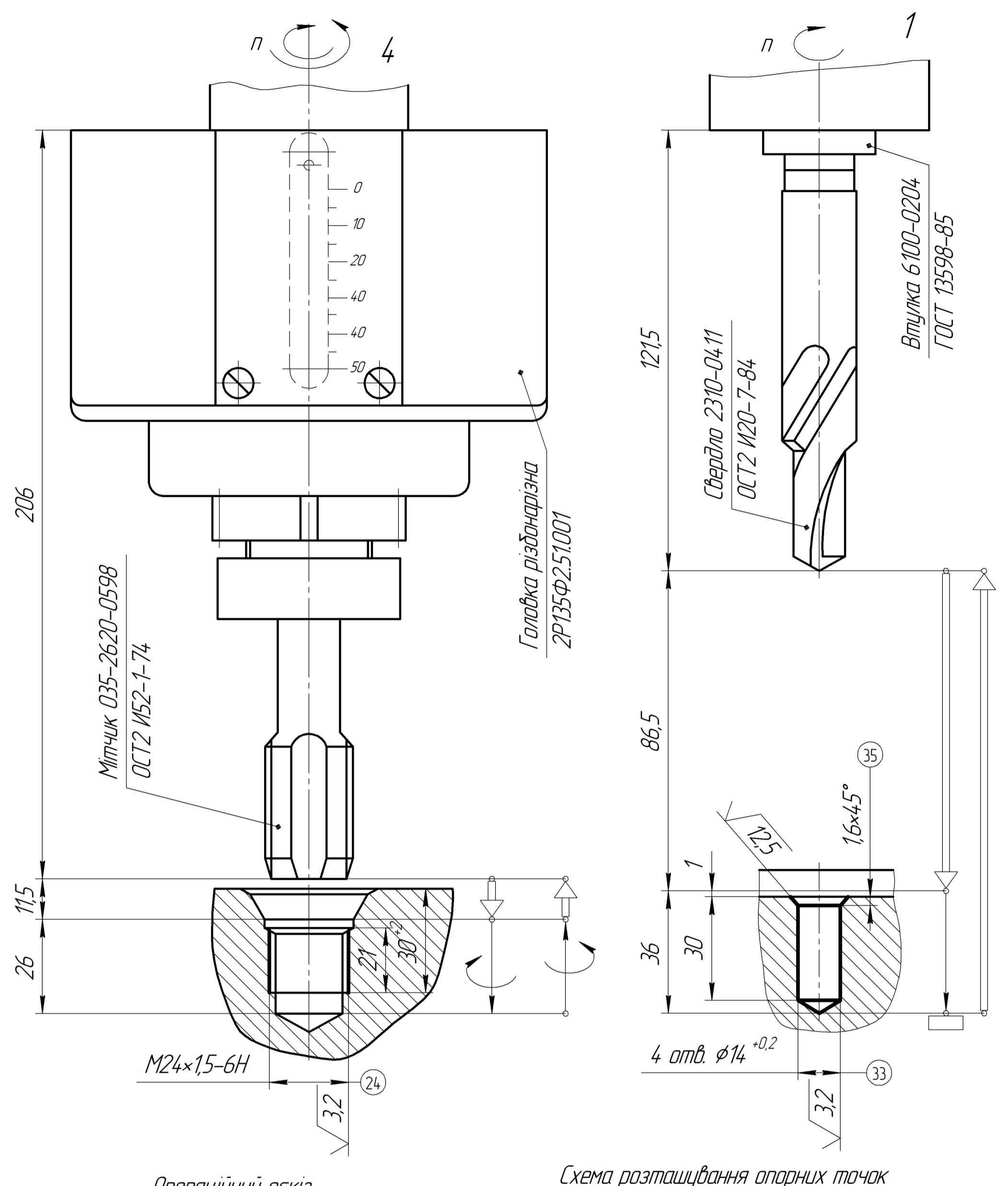
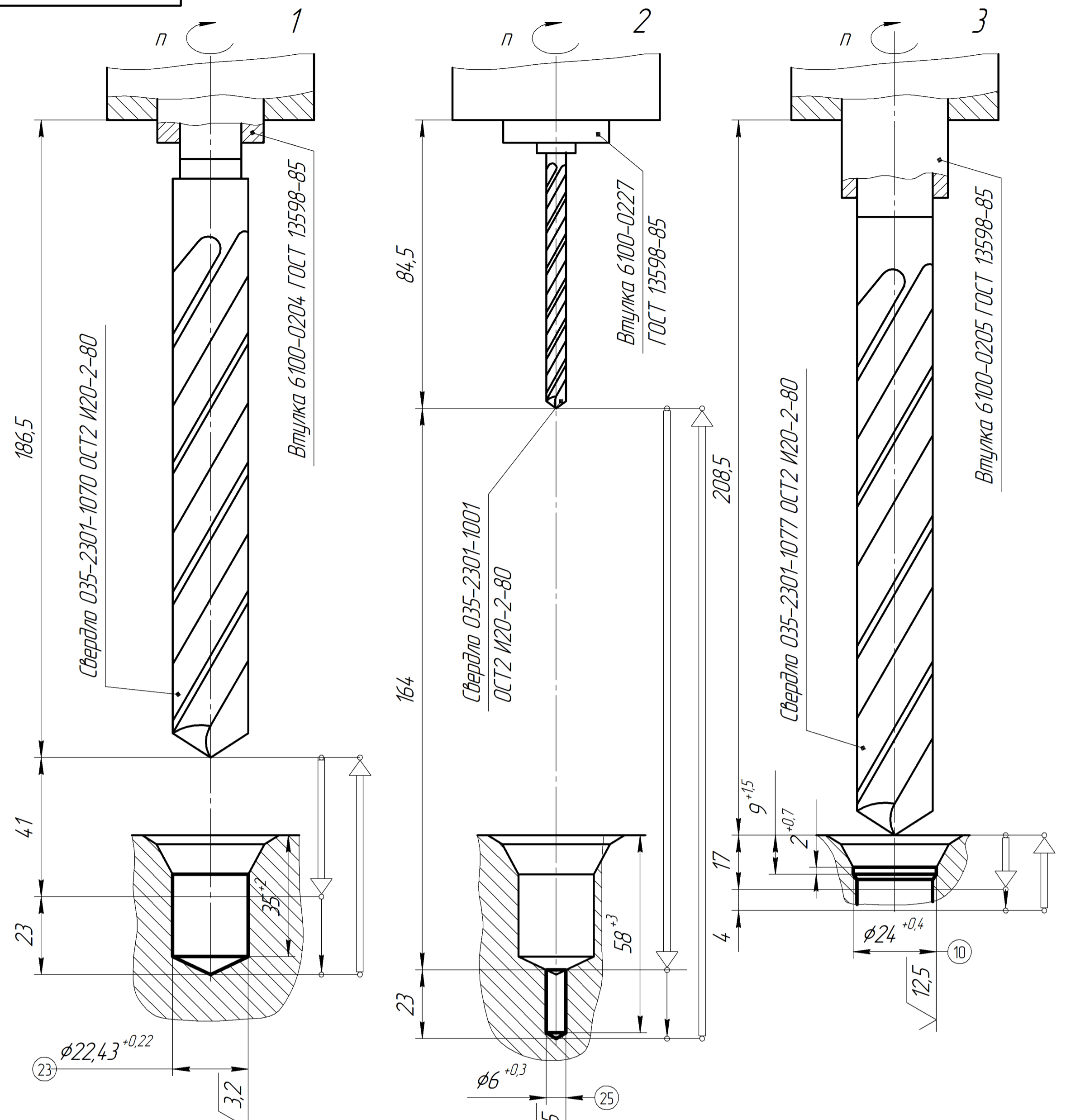
KE

Обробка різанням

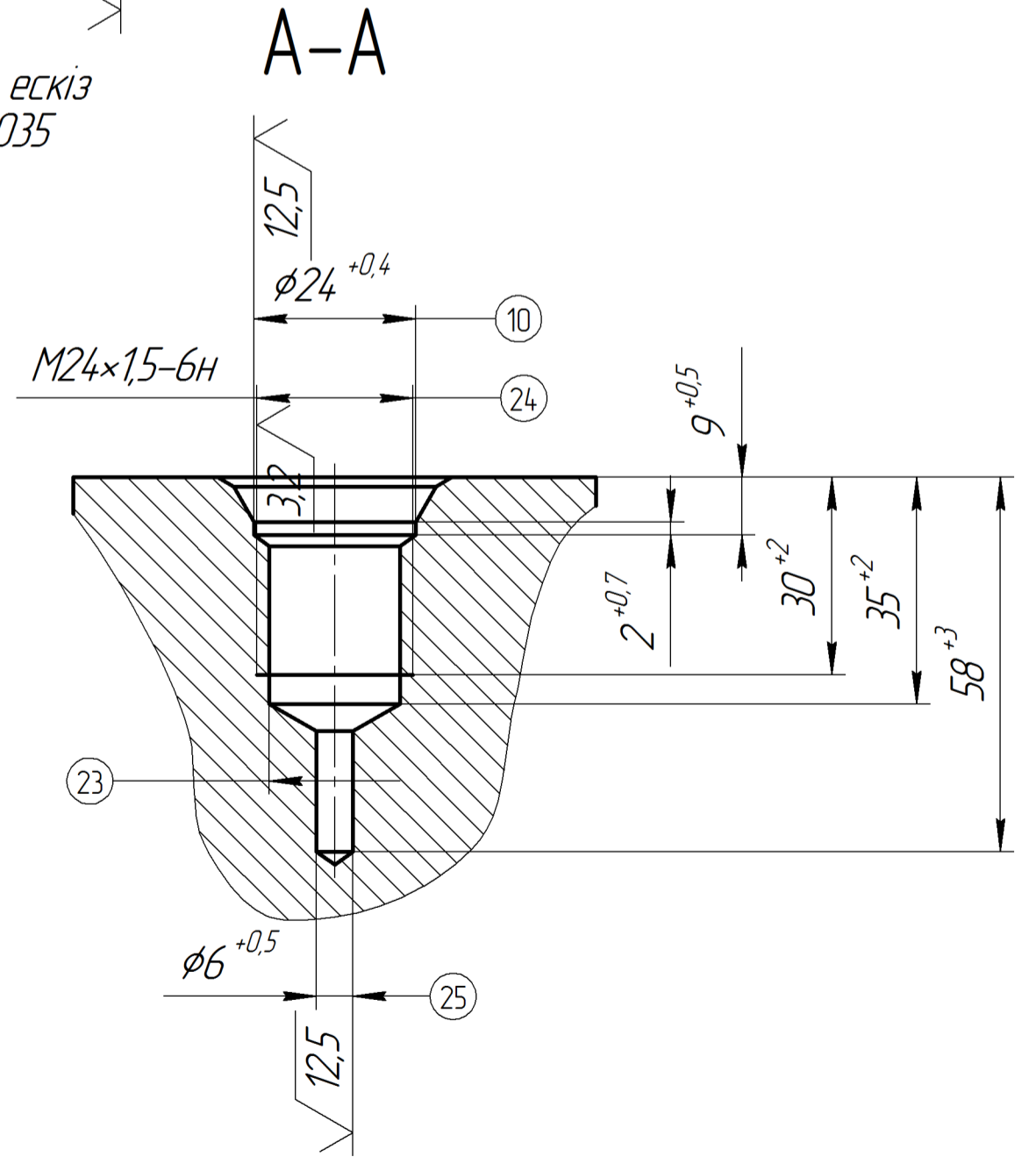
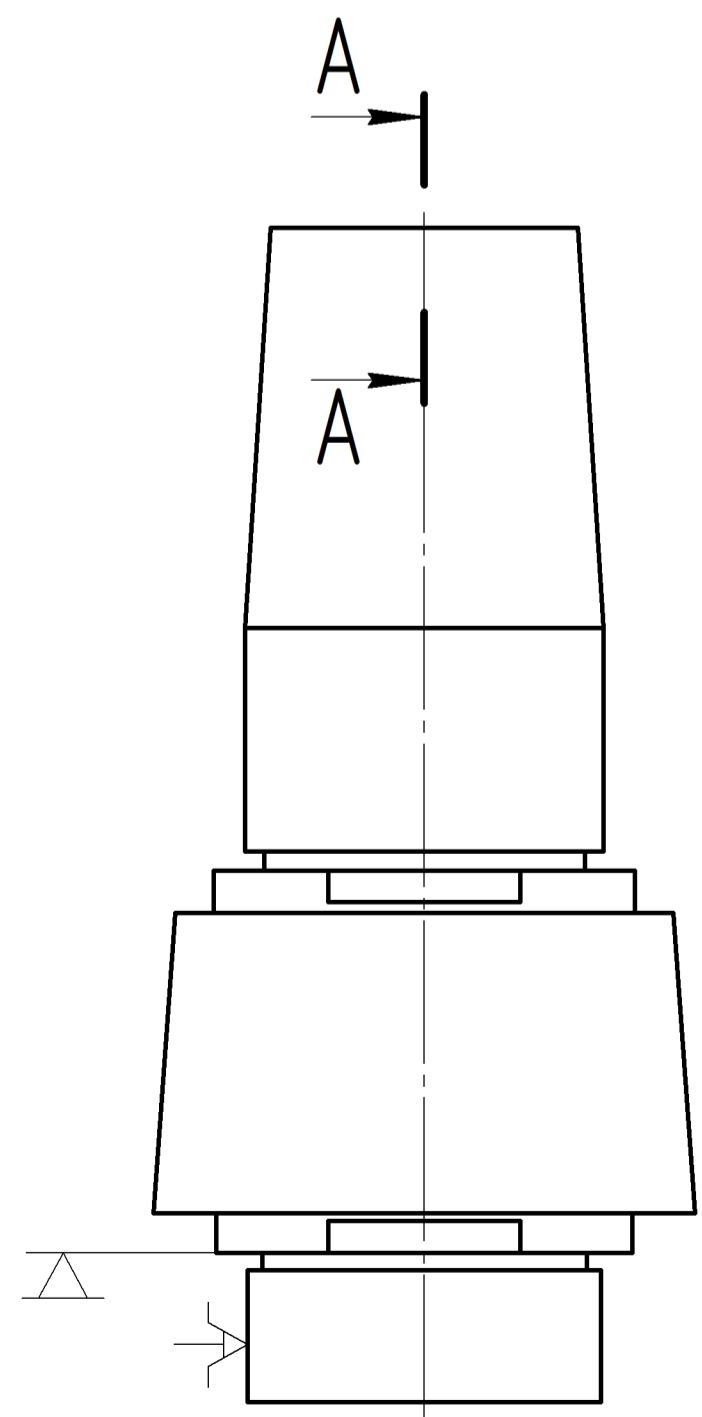
Дубл.														
Взамін.														
Підпис														
Розробив	Будзан													
Перевірів	Шуляр													
Н. контр.	Шуляр													
Назва операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Профіль і розміри			МЗ	Коод			
025 Контрольна		Сталь 45 ДСТУ 7809:2015		НВ 285	кг	19,8	Кованка Ø147×315,5			24,8	1			
Номер переходу	Зміст переходу			Пристрій (код, назва)	Вимірювальний інструмент (код, назва)		Відсоток контролю		Особливі відмітки					
	1 Контролювати лінійні розміри													
	39±0,3				393311.XXXX		10							
	50±0,3				Штангенциркуль		10							
	80 _{-0,74}				ШЦ-I-125-0,1		10							
	102 _{-0,81}				ГОСТ 166-89		10							
	310 _{-1,0}						10							
	2 Контролювати діаметральні розміри													
	Ø90,335 _{-0,1}			393120.XXXX Калібр-скоба 8113-015790		50								
				h10 ГОСТ 18362-73										
	Ø140 _{-0,1}			393120.XXXX Калібр-скоба 8113-0211		100								
				h9 ГОСТ 18363-73										
	3 Контролювати радіальне биття конічних поверхонь													
	Ø140 _{-0,05}				394.XX.XXXX		10							
	Ø90,335 _{-0,04}			Прилад пб-500 м ту2-034-543-81		10								
КТК														

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			БР.ПМ-575.02.00.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	БР.ПМ-575.02.01.000	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	БР.ПМ-575.02.00.001	Кришка	1	
		3	БР.ПМ-575.02.00.002	Гільза	1	
		4	БР.ПМ-575.02.00.003	Поршень	1	
		5	БР.ПМ-575.02.00.004	Кришка	1	
		6	БР.ПМ-575.02.00.005	Шток	1	
		7	БР.ПМ-575.02.00.006	Важіль	2	
		8	БР.ПМ-575.02.00.007	Упор	1	
		9	БР.ПМ-575.02.00.008	Колонка	2	
		10	БР.ПМ-575.02.00.009	Гвинт	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
				Вісь ГОСТ 12469-67		
		11		7018-0304	4	
		12		7018-0310	2	

					БР.ПМ-575.02.00.000 ПЗ			
Зм.	Арк	Нодокум	Підпис	Дата				
Розробив		Будзан			Пристрій фрезерний	Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.		Шуляр				Н	1	2
Н.контр.		Шуляр				ІФНТУНГ		
Затв.		Панчук				ПМ-23-1К		



Операційний ескіз операція 035



Операційний ескіз операція 040

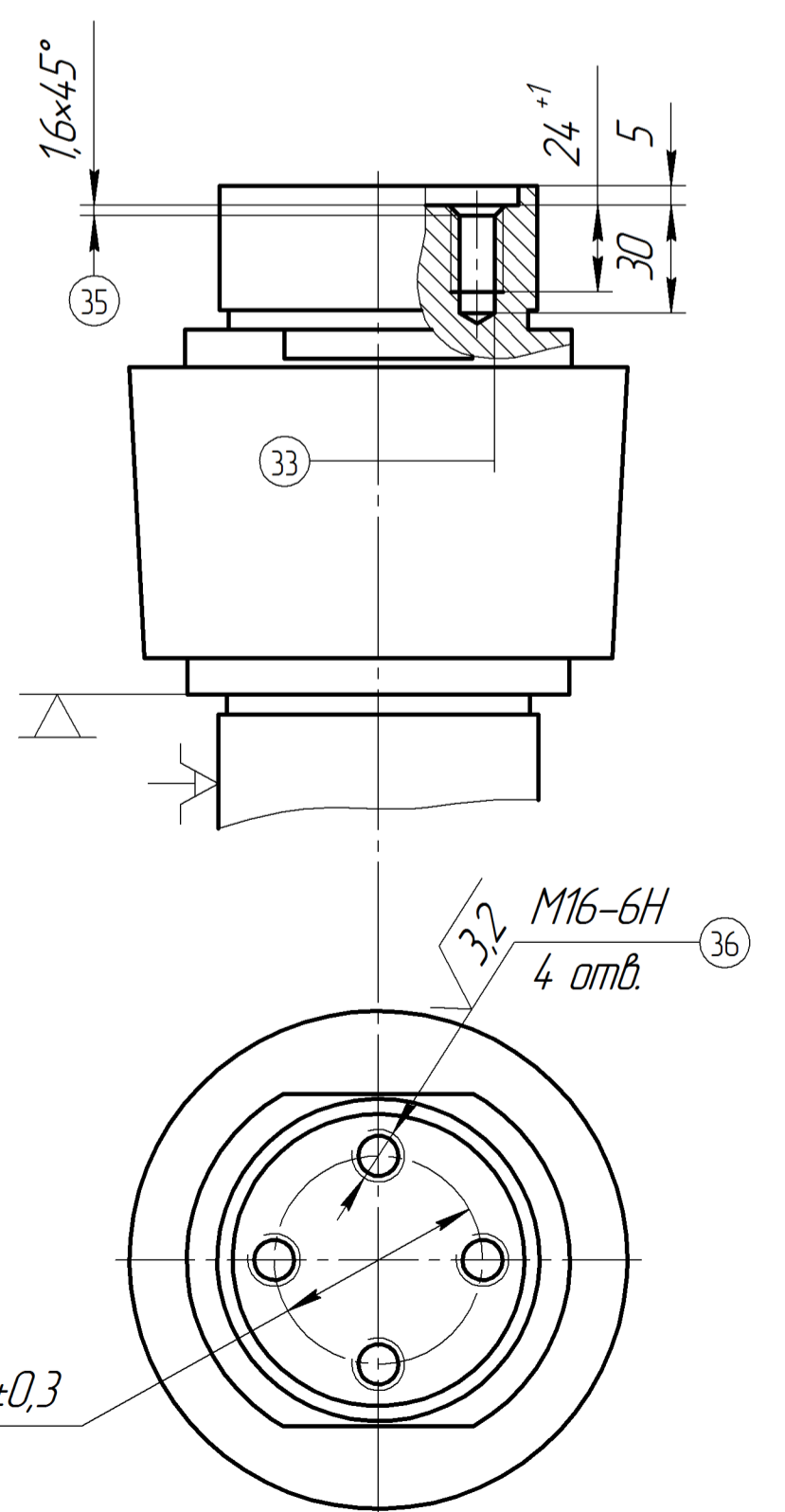
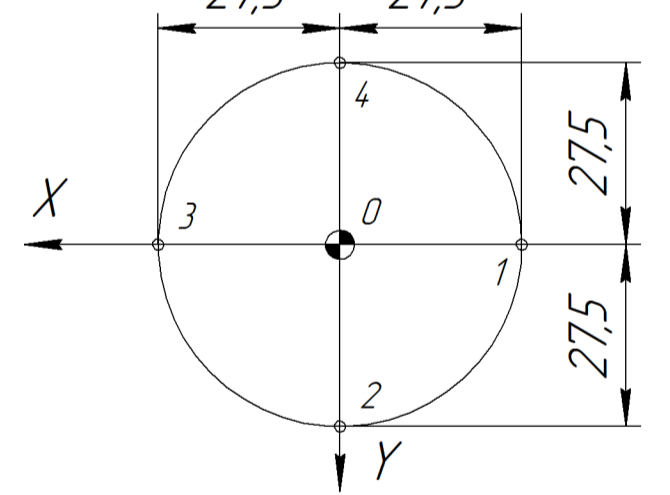


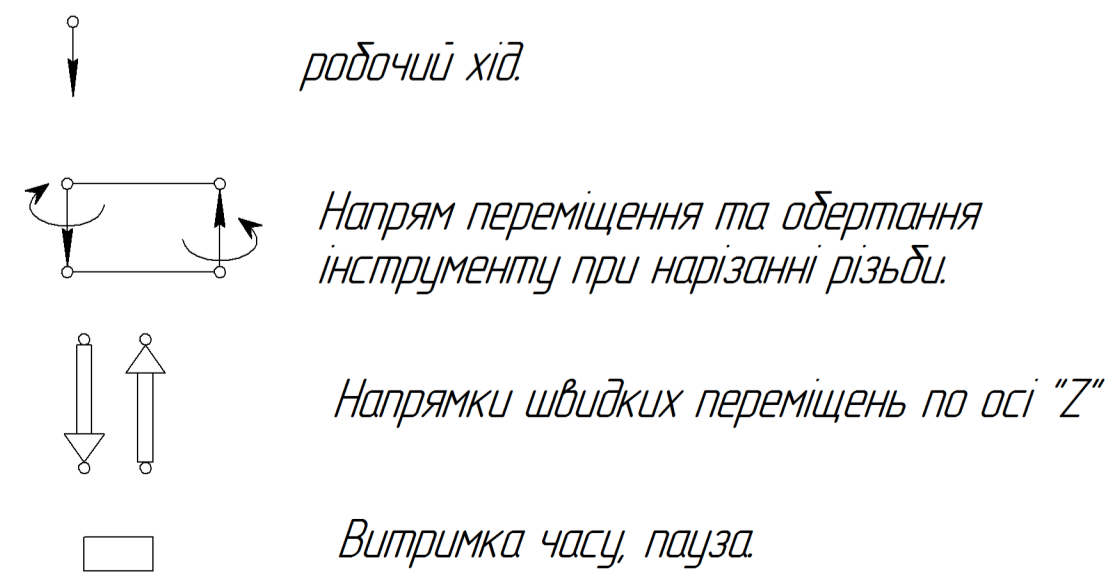
Схема розташування опорних точок



Координати опорних точок

Координата	№ опорної точки			
	1	2	3	4
X	-27,5	0	27,5	0
Y	0	27,5	0	-27,5

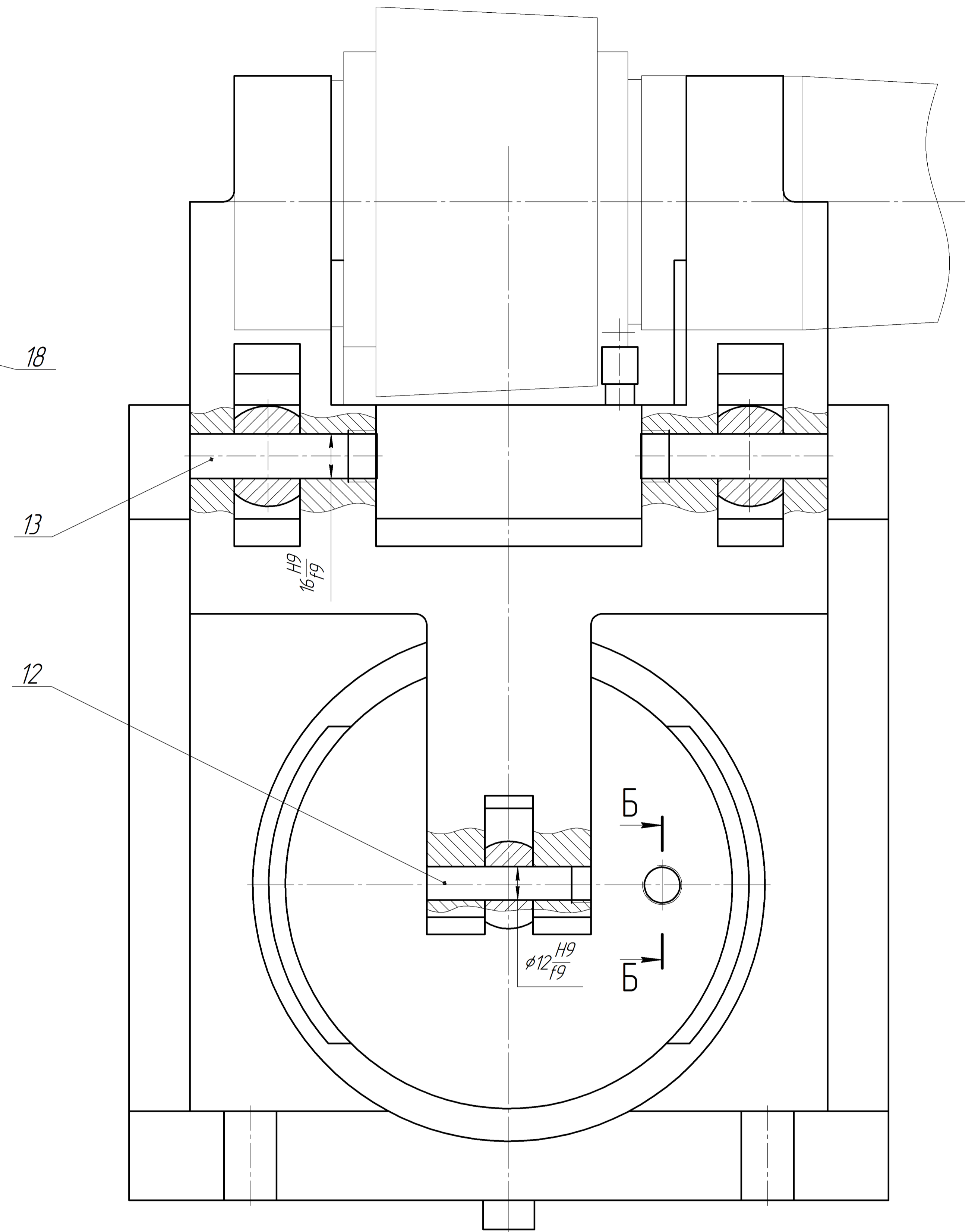
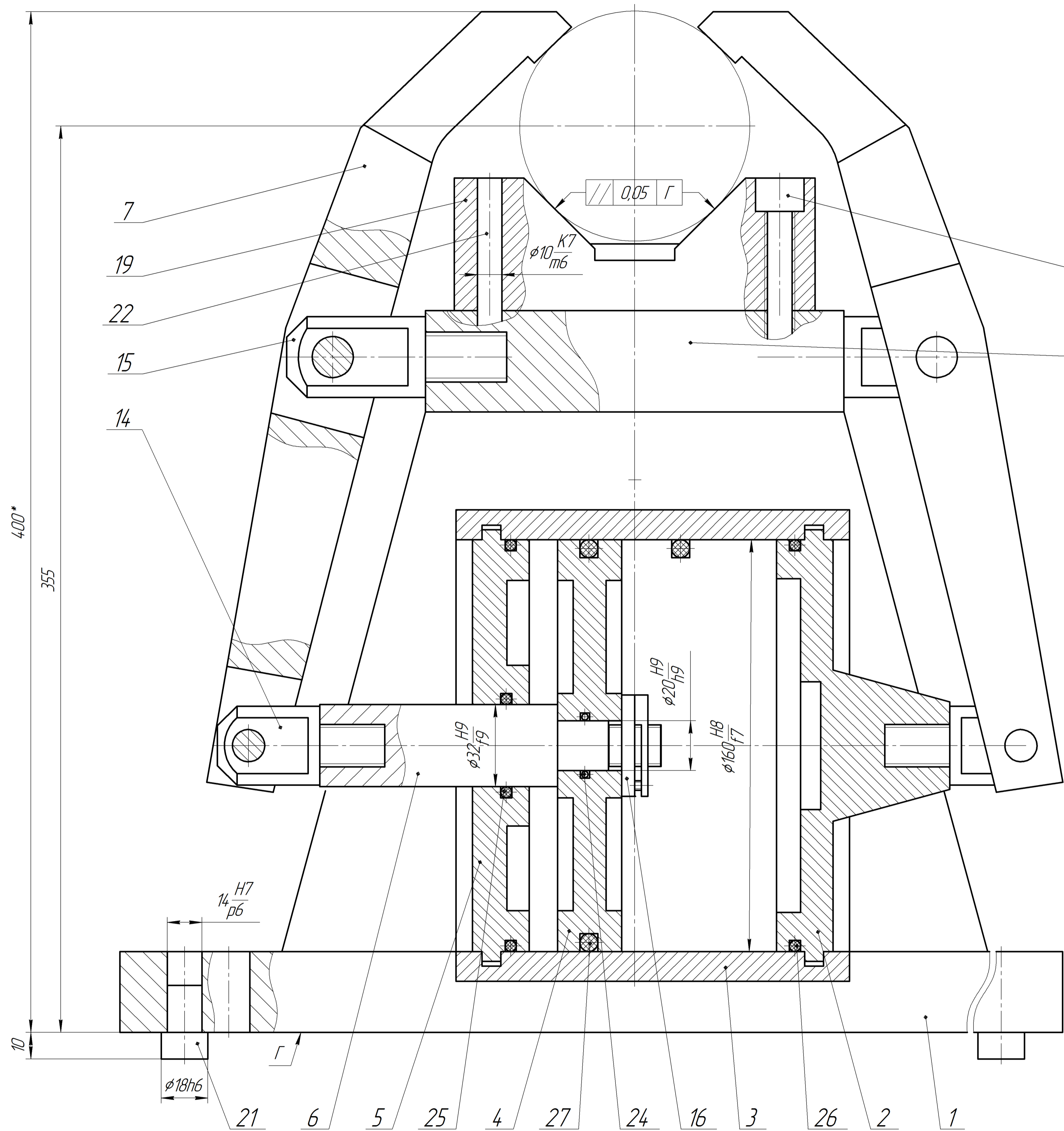
Умовні позначення до циклограм



№	Назва операції	Режими різання				
		t	S ₀	n	V	t ₀
Назва і модель верстату						
№ Зміст технологічних переходів						
035	Вертикально-свердильна з ЧПК					
Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135Ф2						
1	Свердлити отв. 23	11,25	0,16	500	35,34	0,388
2	Свердлити отв. 25	3,0	0,1	1000	16,85	0,230
3	Розсвердлити отв. 10	0,8	0,35	355	26,77	0,032
4	Нарізати різьбу 24	0,8	1,5	125	9,42	0,297

№	Назва операції	Режими різання				
		t	S ₀	n	V	t ₀
040 Вертикально-свердильна з ЧПК						
Вертикально-свердильний з ЧПК 2Р135Ф2						
1	Свердлити отв. 33, фаски 35	7	0,09	710	31,23	2,286
2	Нарізати різьбу 36 в отв. 33	1	2,0	180	9,05	0,747

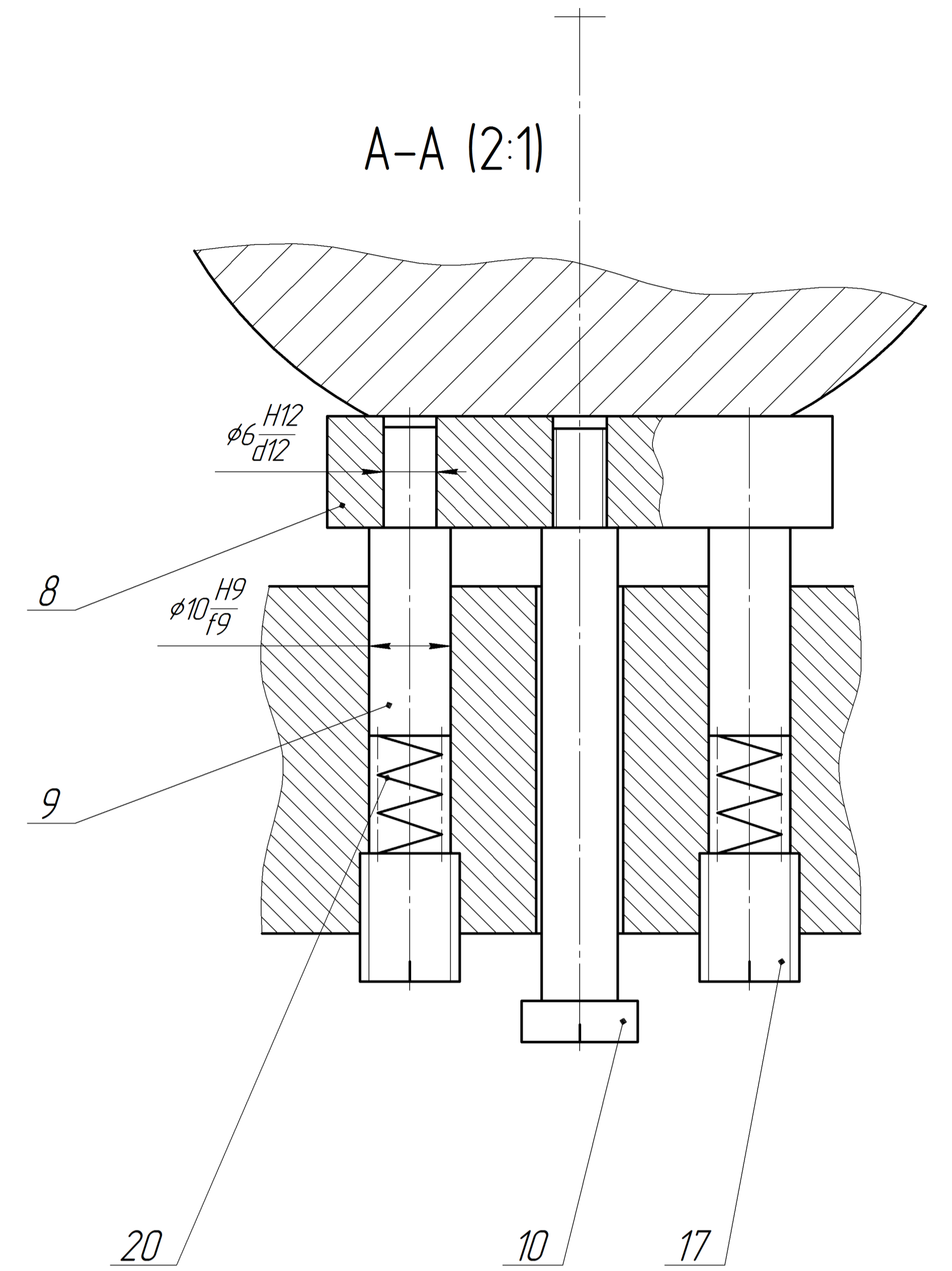
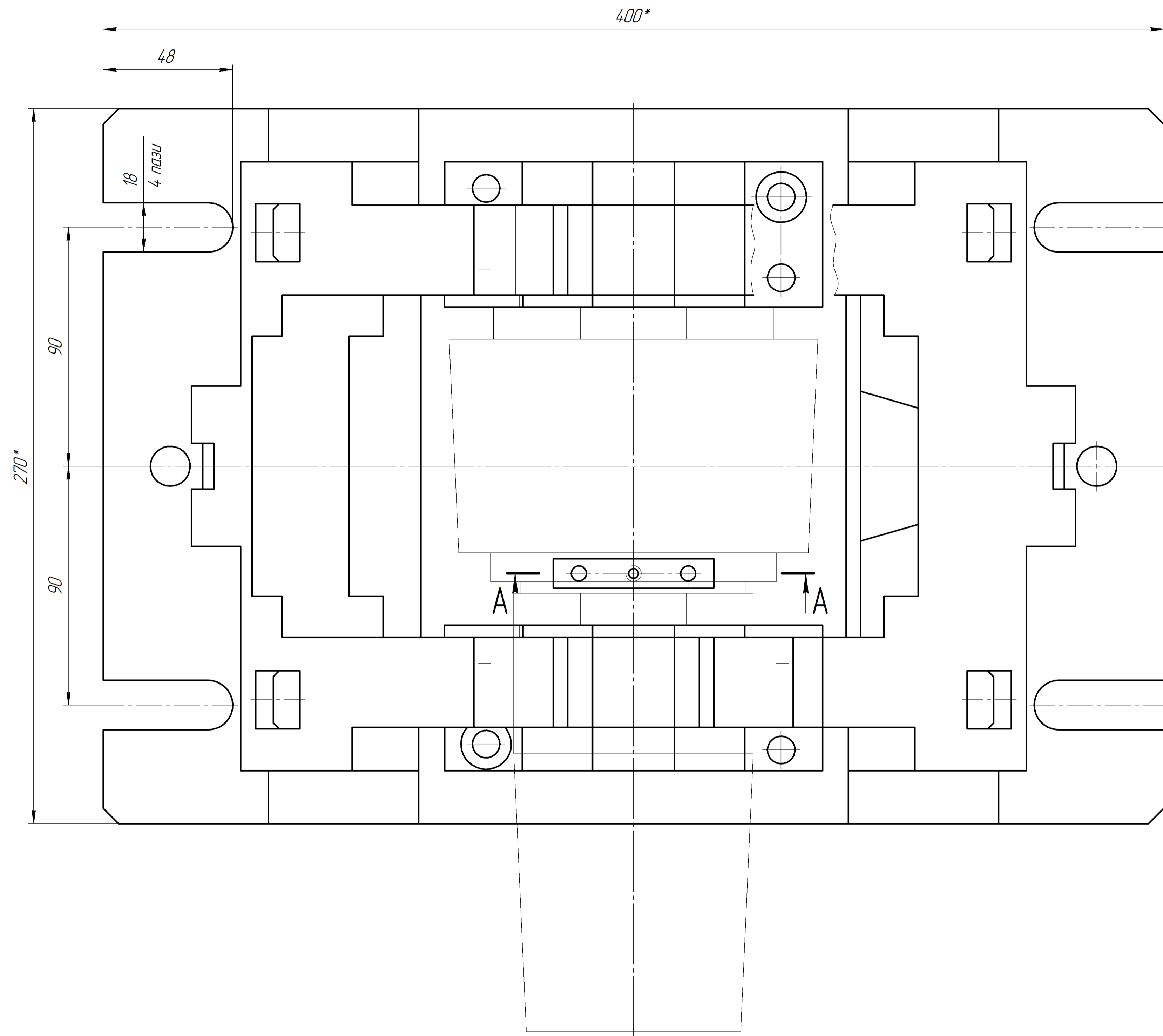
БР.ПМ-575.01.00.000 СХ				Карта налагодження			
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Лит	Маса	Масштаб
Розроб.	Будівн.				Н	-	-
Перев.	Щиляр				Архив	Архив	1
Т.контр.	Щиляр				ІФНТЧНГ		
Н.контр.	Щиляр				ПМ-23-1К		
Затв.	Ланчик						



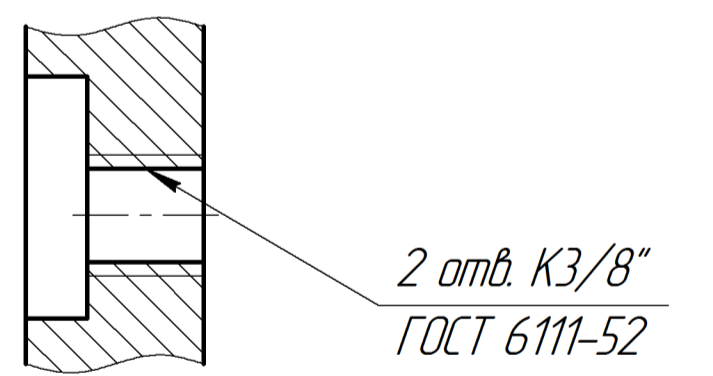
- Технічна характеристика*
1. Тиск стисненого повітря в пневмережі 0,63 МПа
 2. Зусилля на штоці пневмоциліндра 12027,5 Н
 3. Зусилля затиску 2654,35 Н
 4. Хід поршня пневмоциліндра: робочий – 60 мм, повний – 70 мм.

1. *Розміри для довідок.
2. Допуск перпендикулярності осі призм (поз. 19) до осі шпонки (поз. 21) 0,06 мм.
3. Маркувати: 106.30.10.193; мод. 6Р83Г.

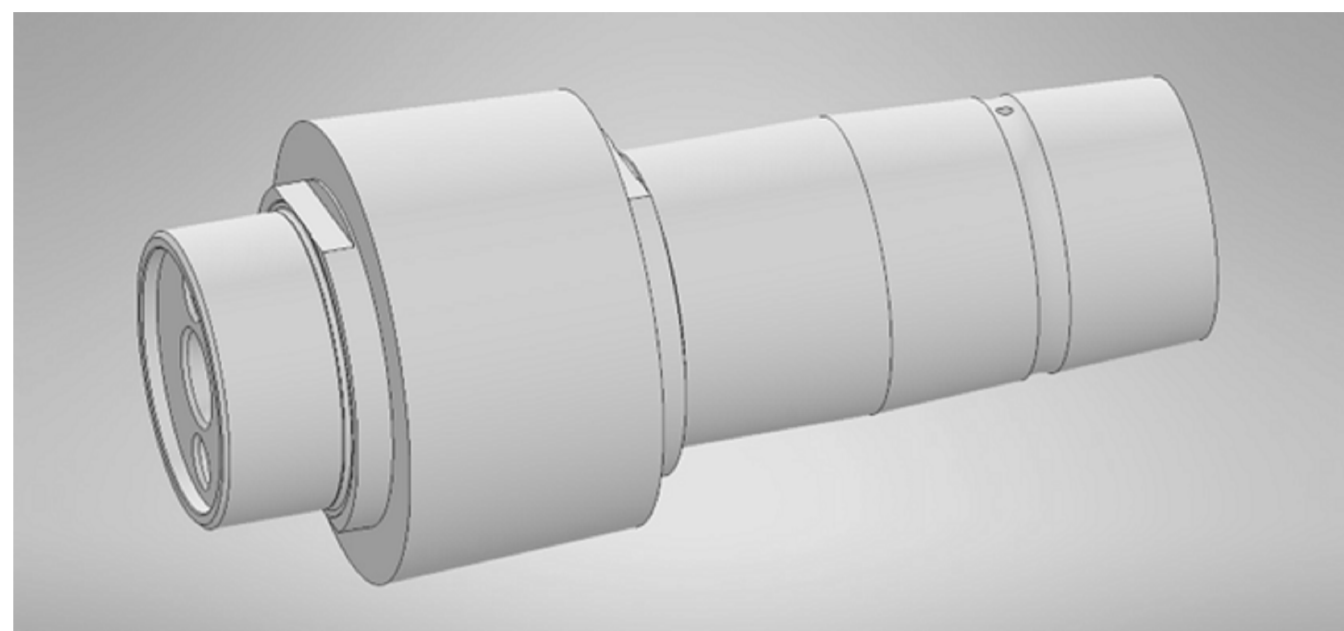
БР.ПМ-575.02.00.000 СК				Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Н	1:1
Разраб.	Будзон				Архив	1
Перев.	Шляяр				ІФНТУНІ	
Т.контр.	Шляяр				Поччик	ПМ-23-1К
Н.контр.	Шляяр					
Затв.	Поччик					



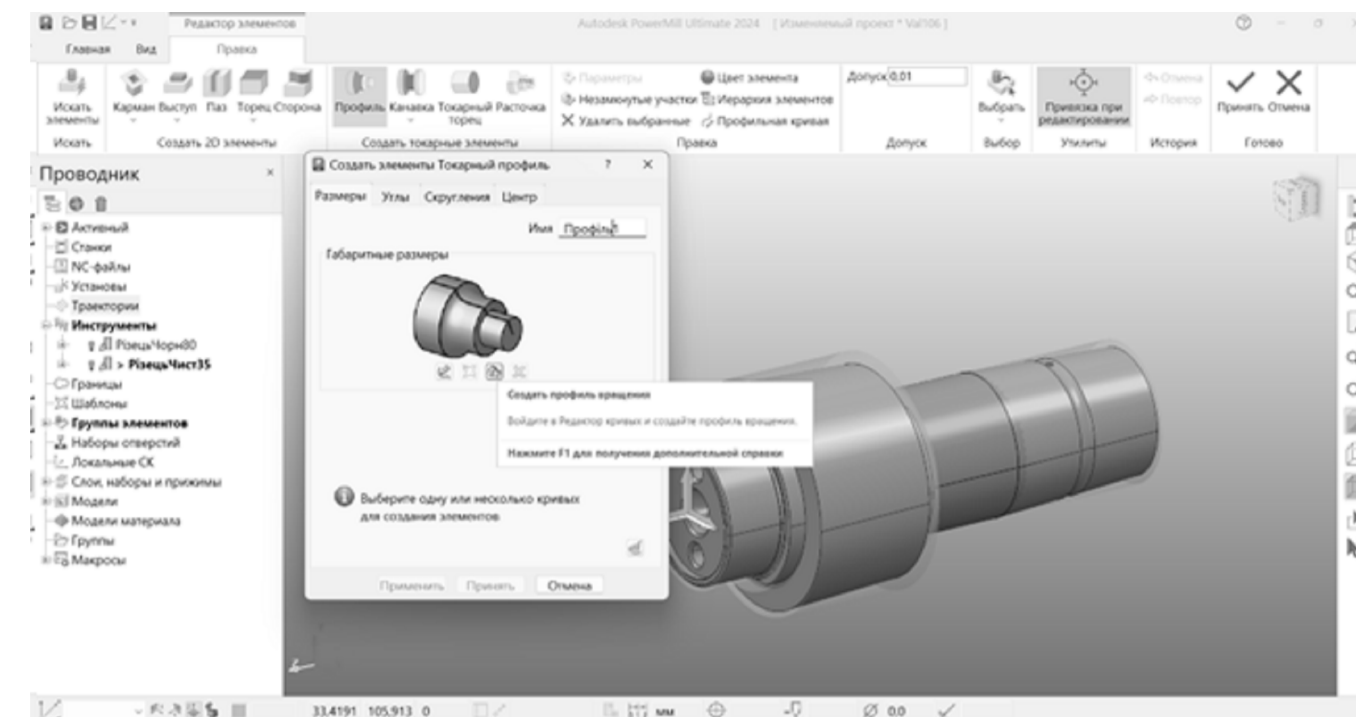
Б-Б



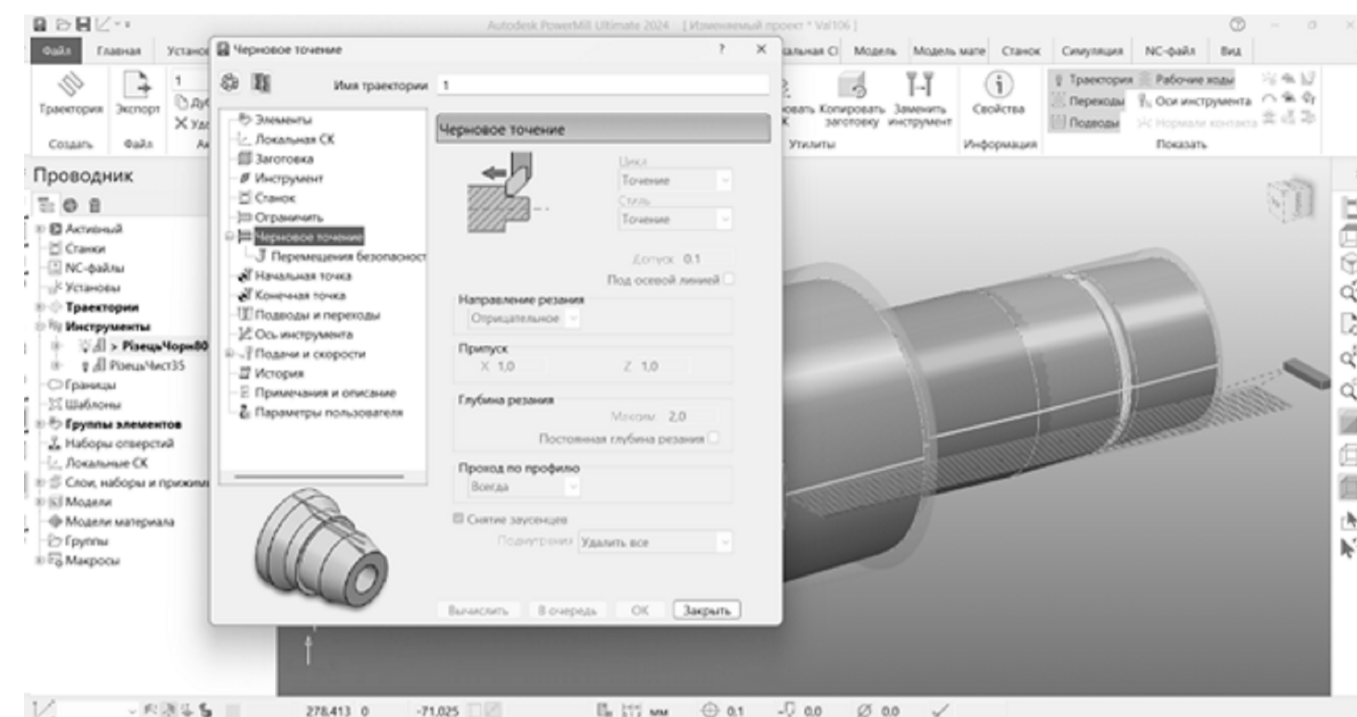
					БР.ПМ-575.02.00.000 СК			
Эк. Арк.	№ Док.м.	Подп.	Дата		Пристрій фрезерний	Лит.	Маса	Масштаб
Разраб.	Будіван					Н		1:1
Перев.	Шляр				Архив	Архив	1	
Т.контр.	Шляр				ІФНТЧНГ ПМ-23-1К			
Н.контр.	Шляр							
Затв.	Ланчик							



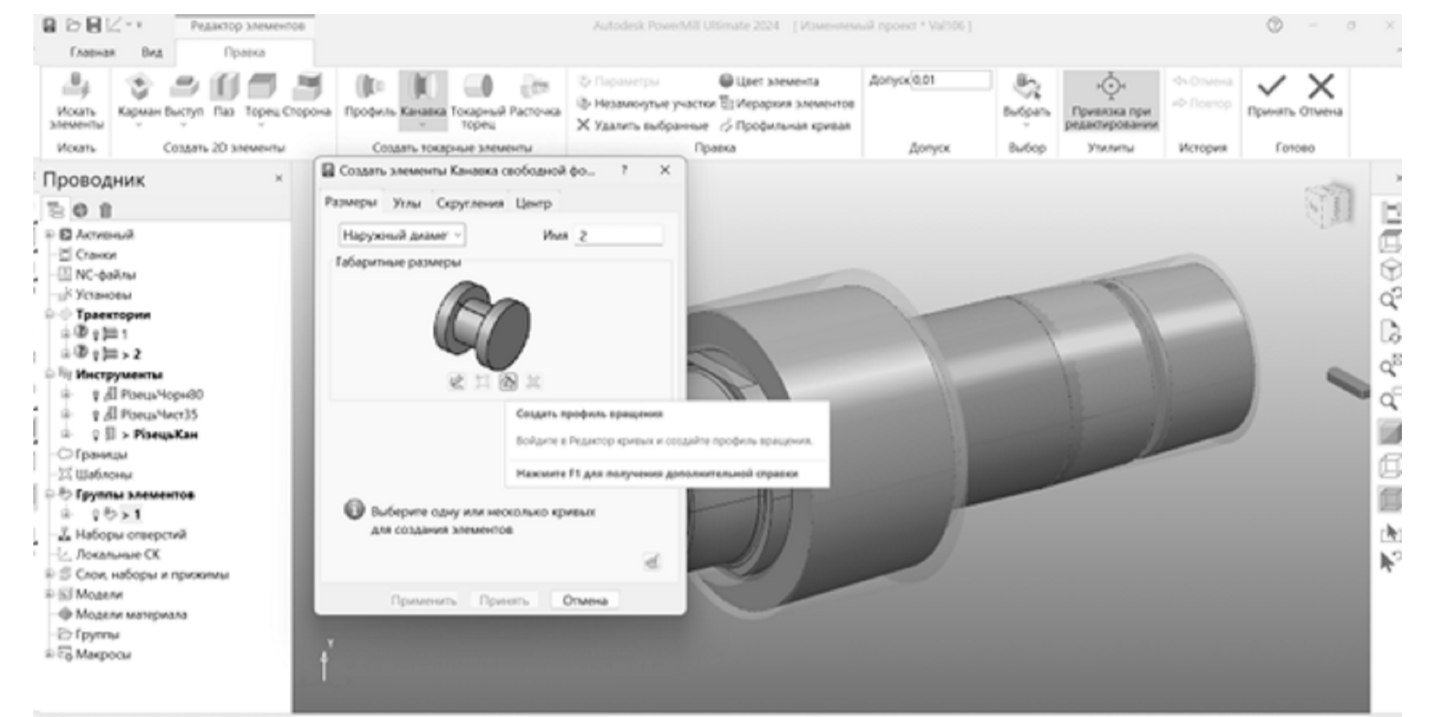
3D-модель деталі



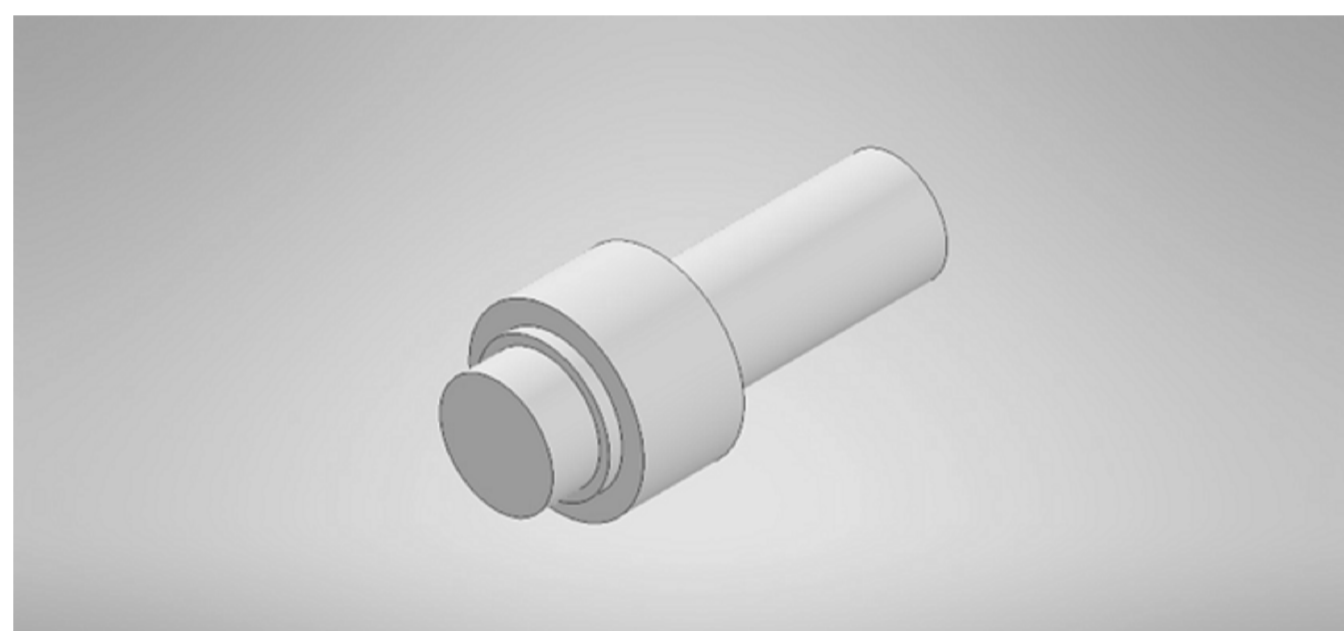
Створення елемента "Токарний профіль"



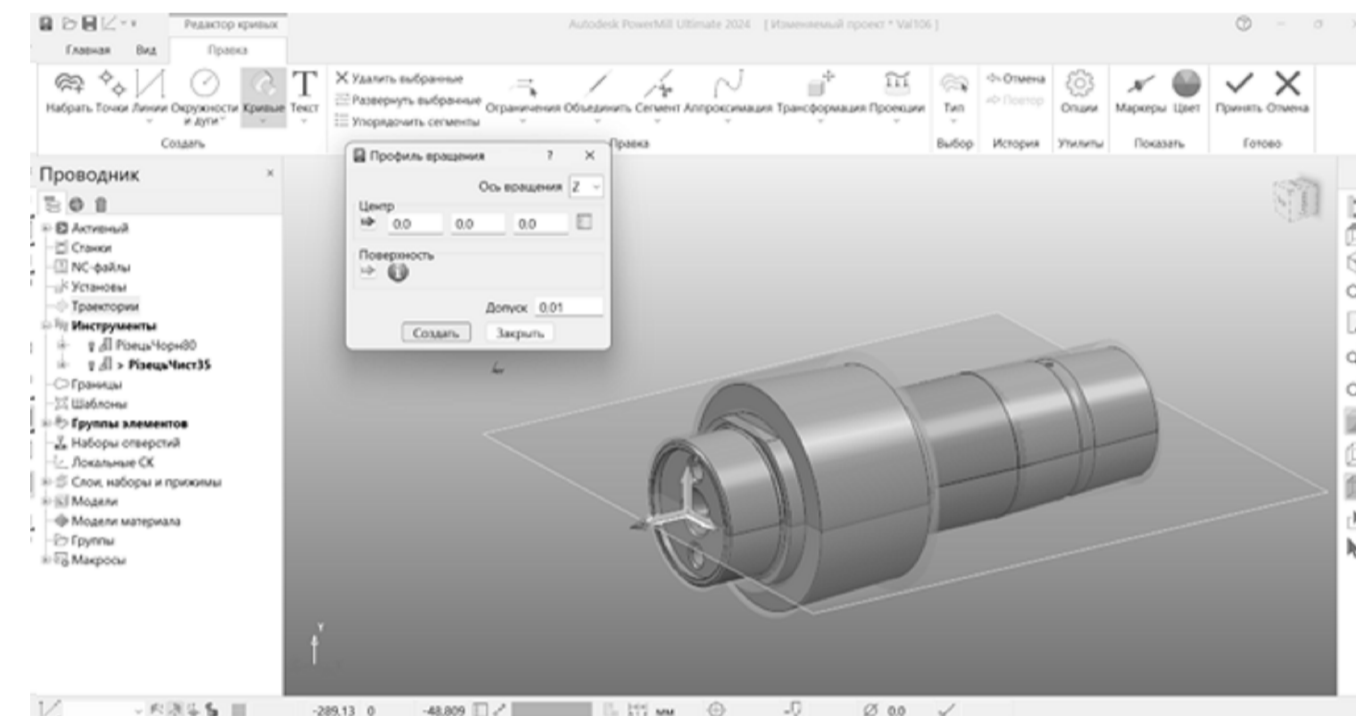
Проектування чорнового точіння



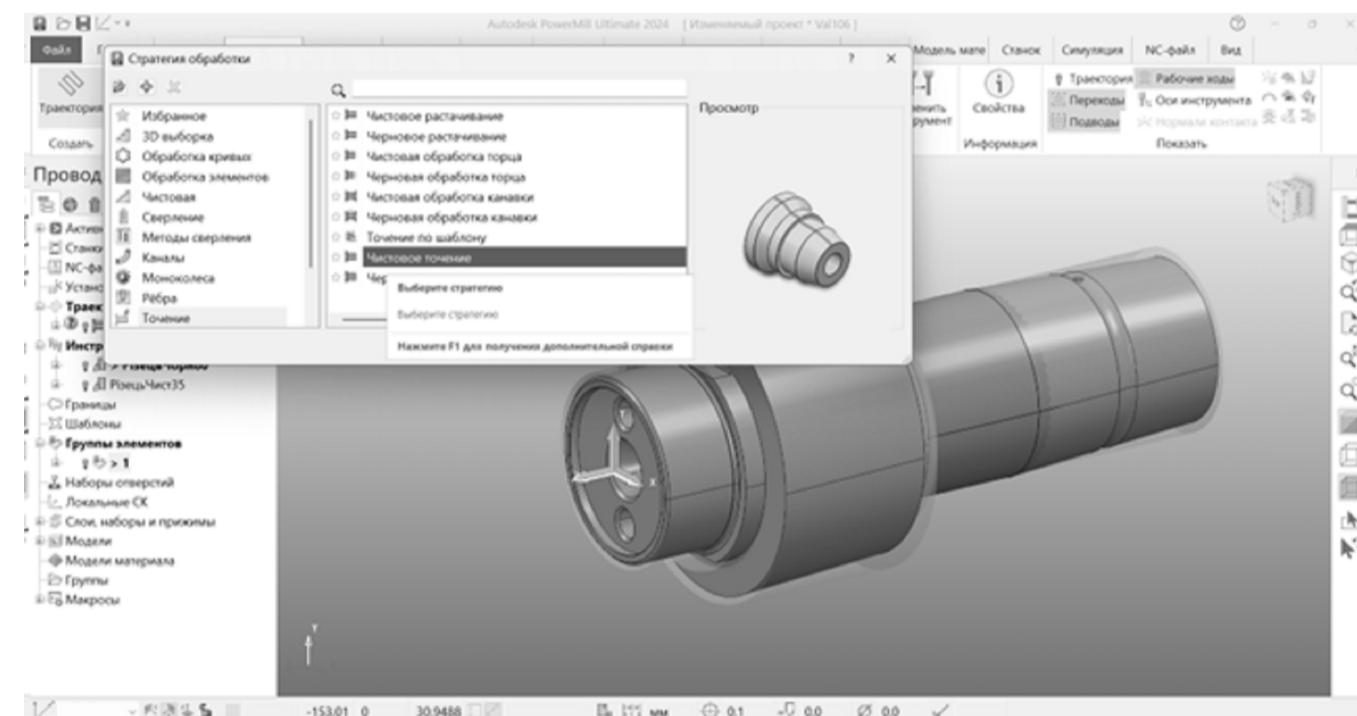
Створення елемента "Канавка"



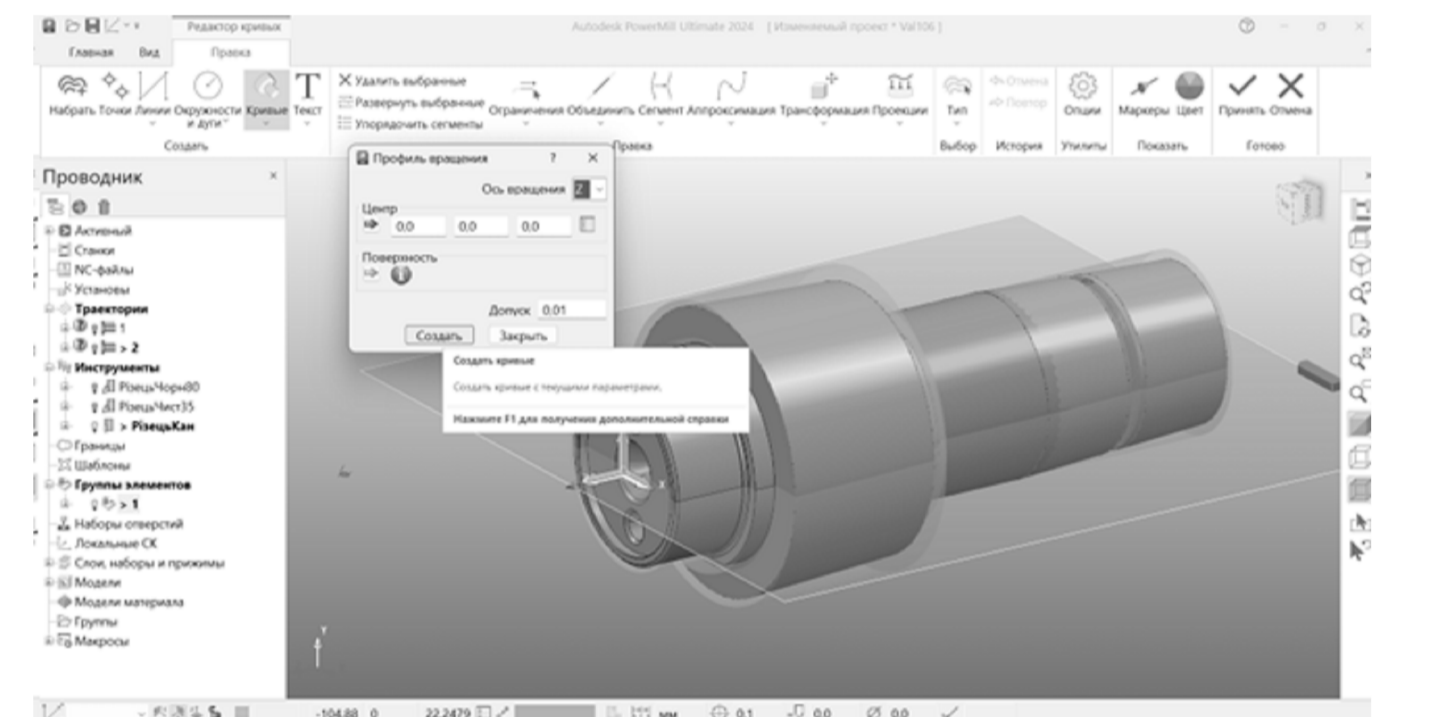
3D-модель заготовки



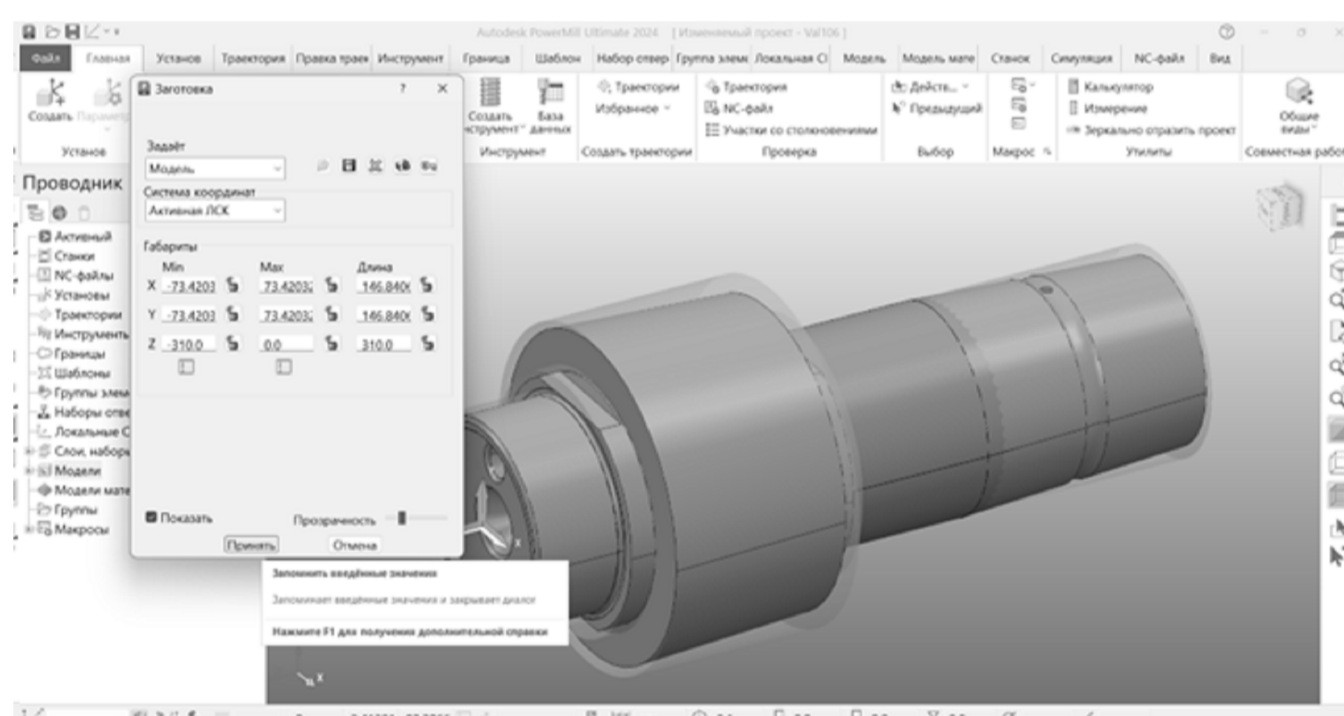
Отримання контуру обертання



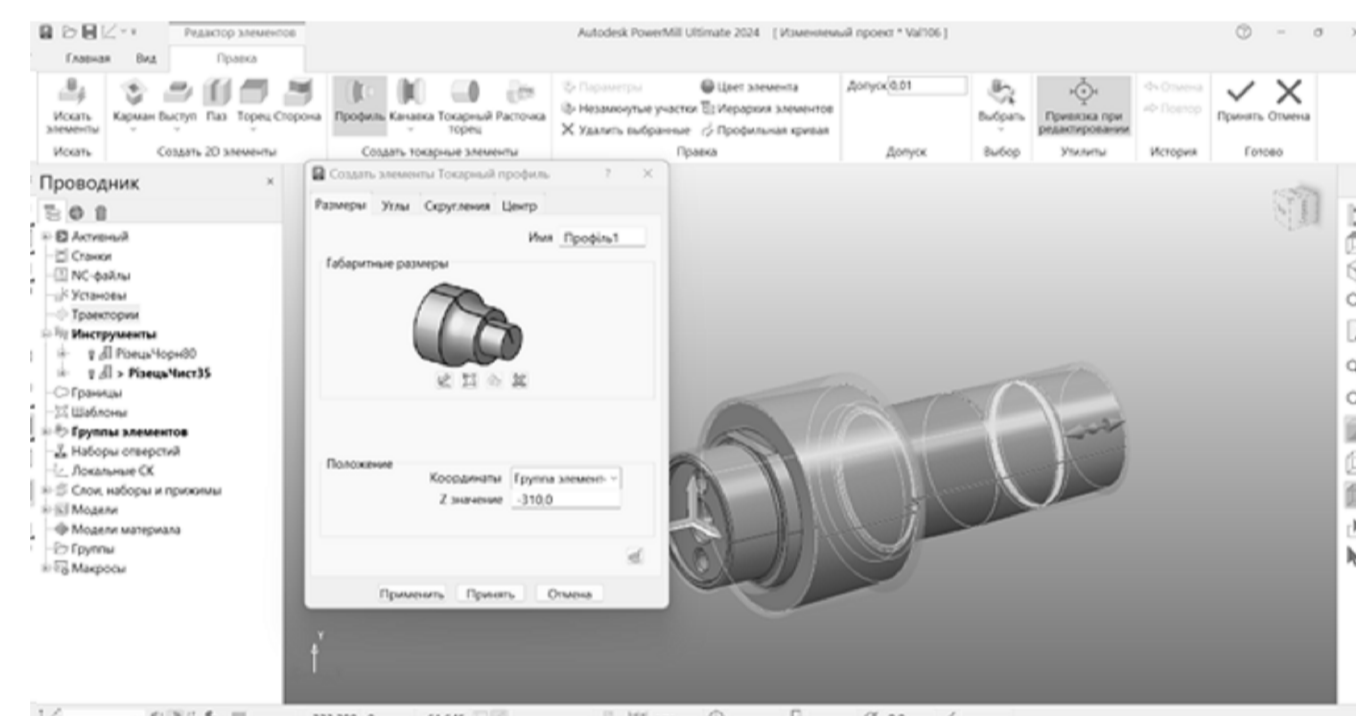
Вибір стратегії обробки



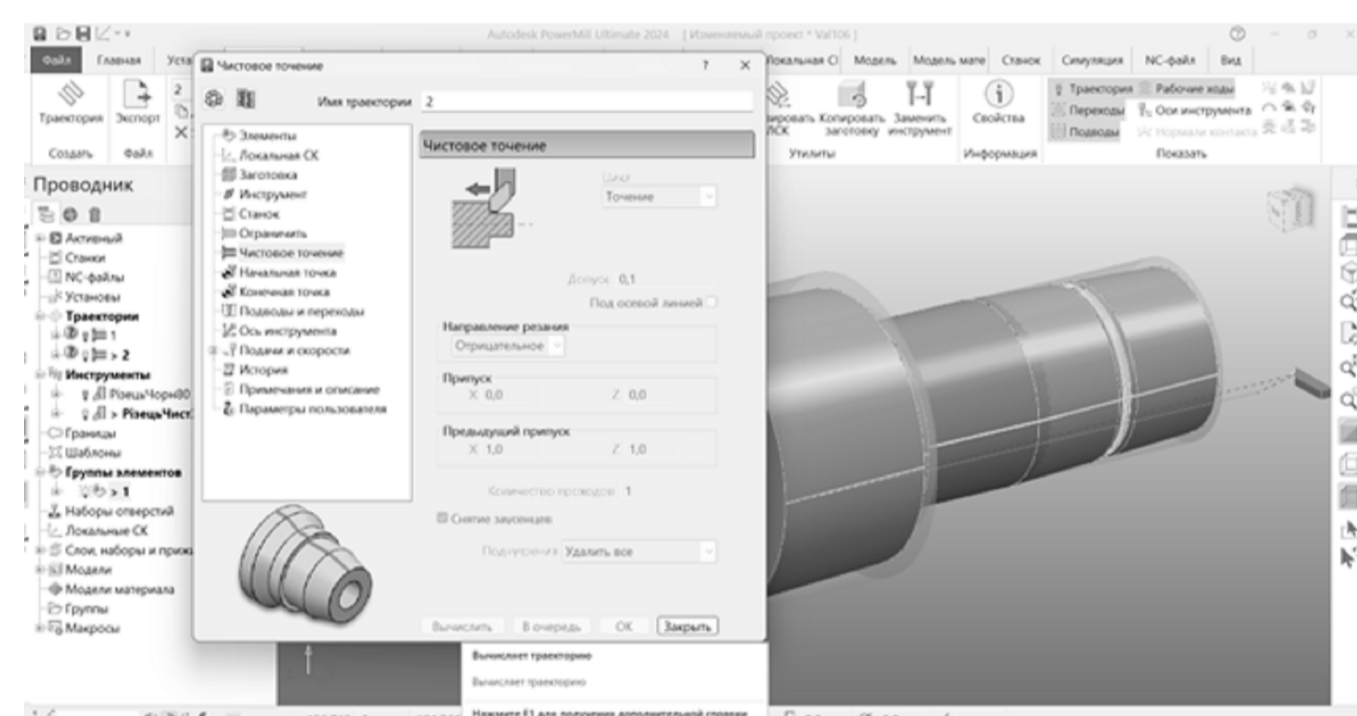
Отримання профілю обертання



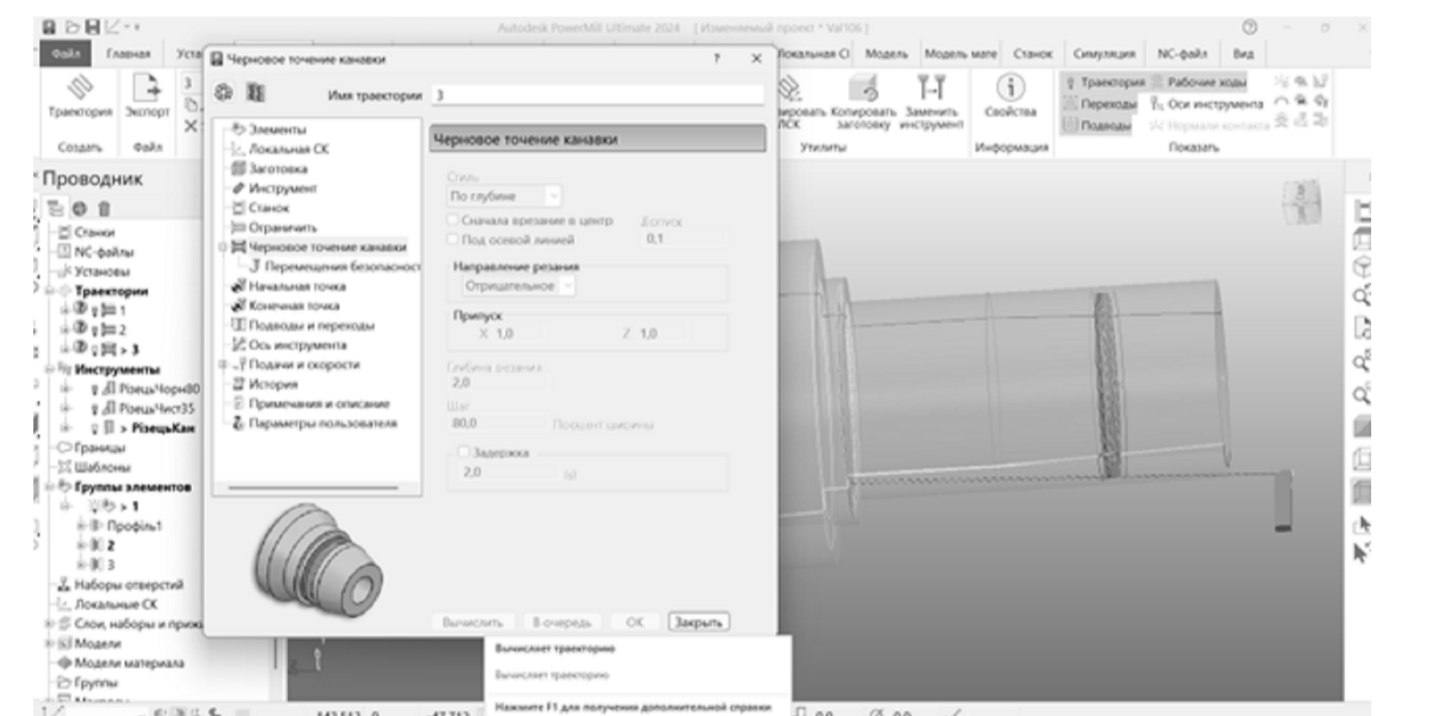
Імпортовані моделі деталі та заготовки



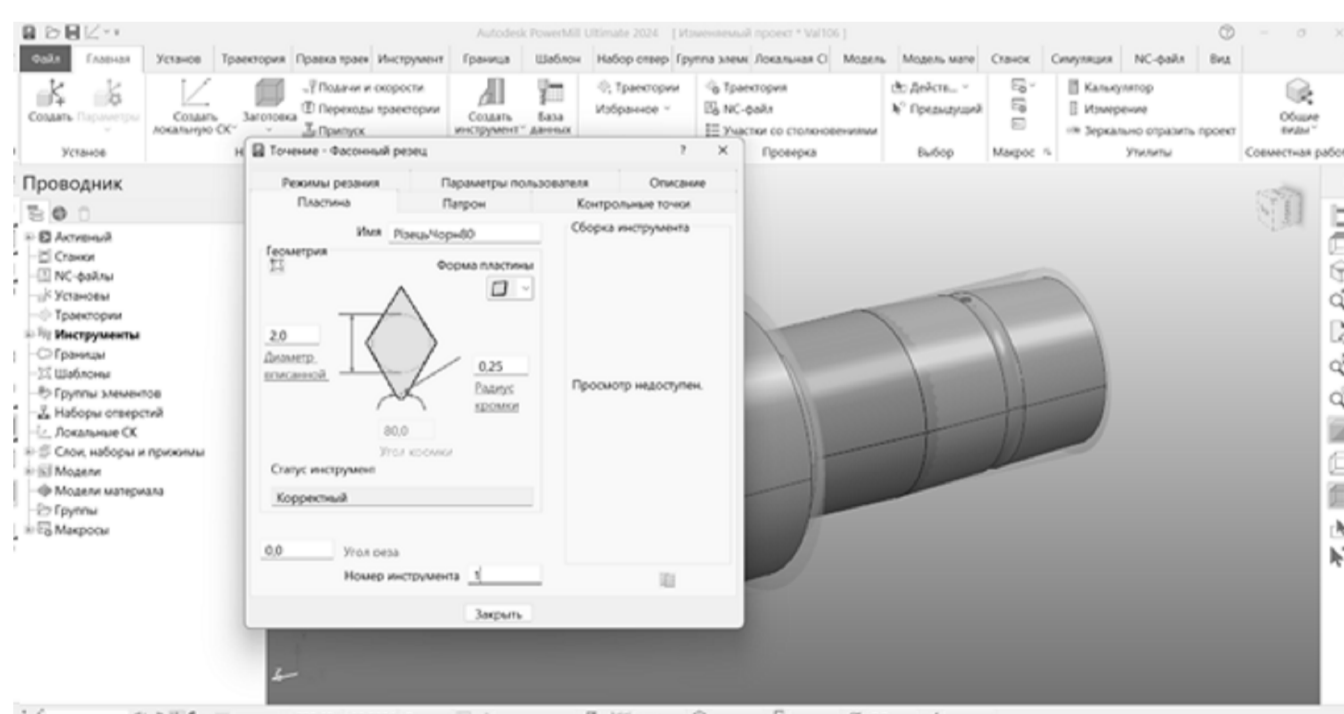
Відредагований профіль



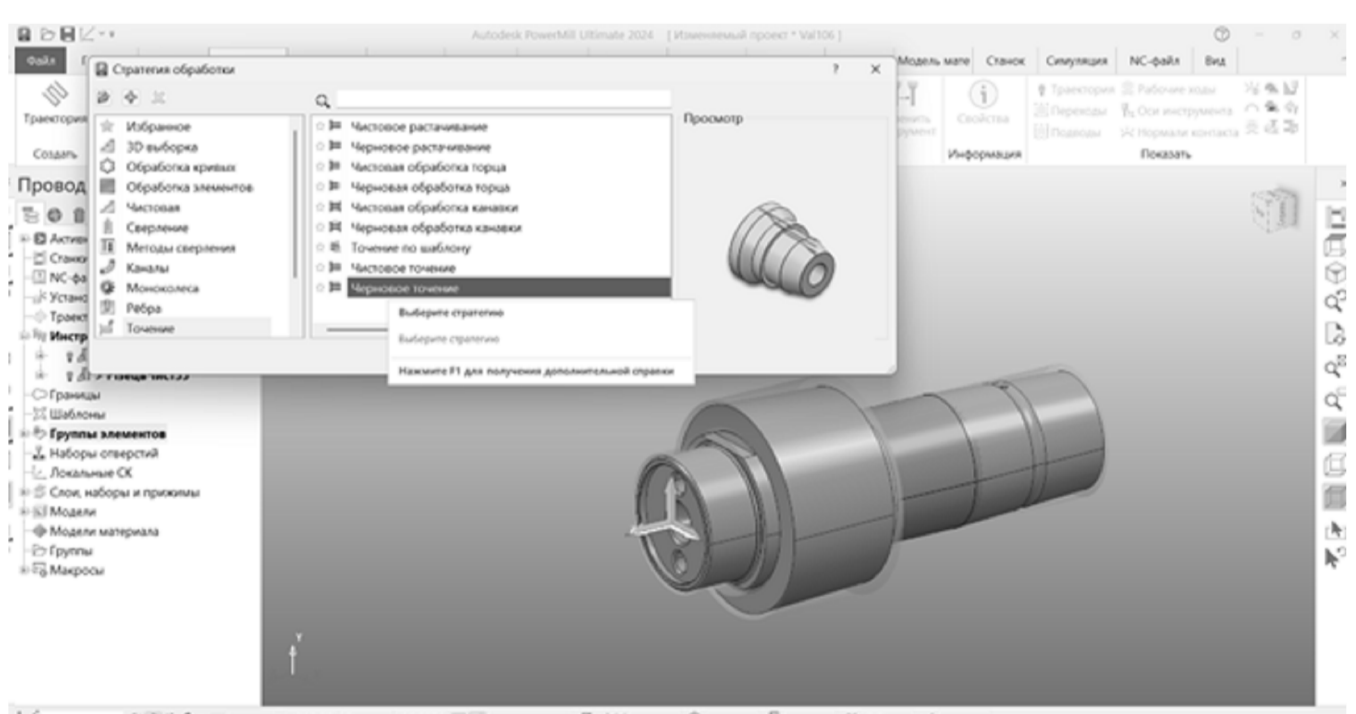
Проектування чистового точіння



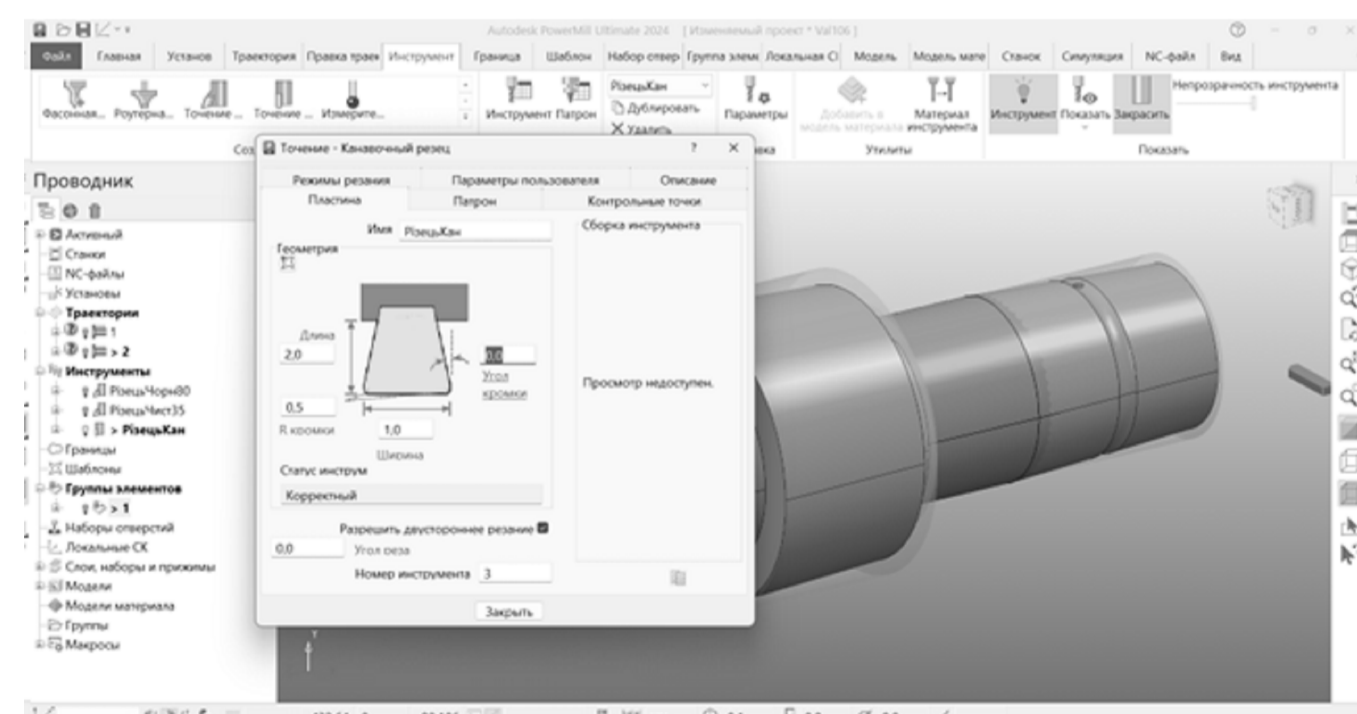
Проектування чорнового точіння канавки



Створення моделі чорнового різця

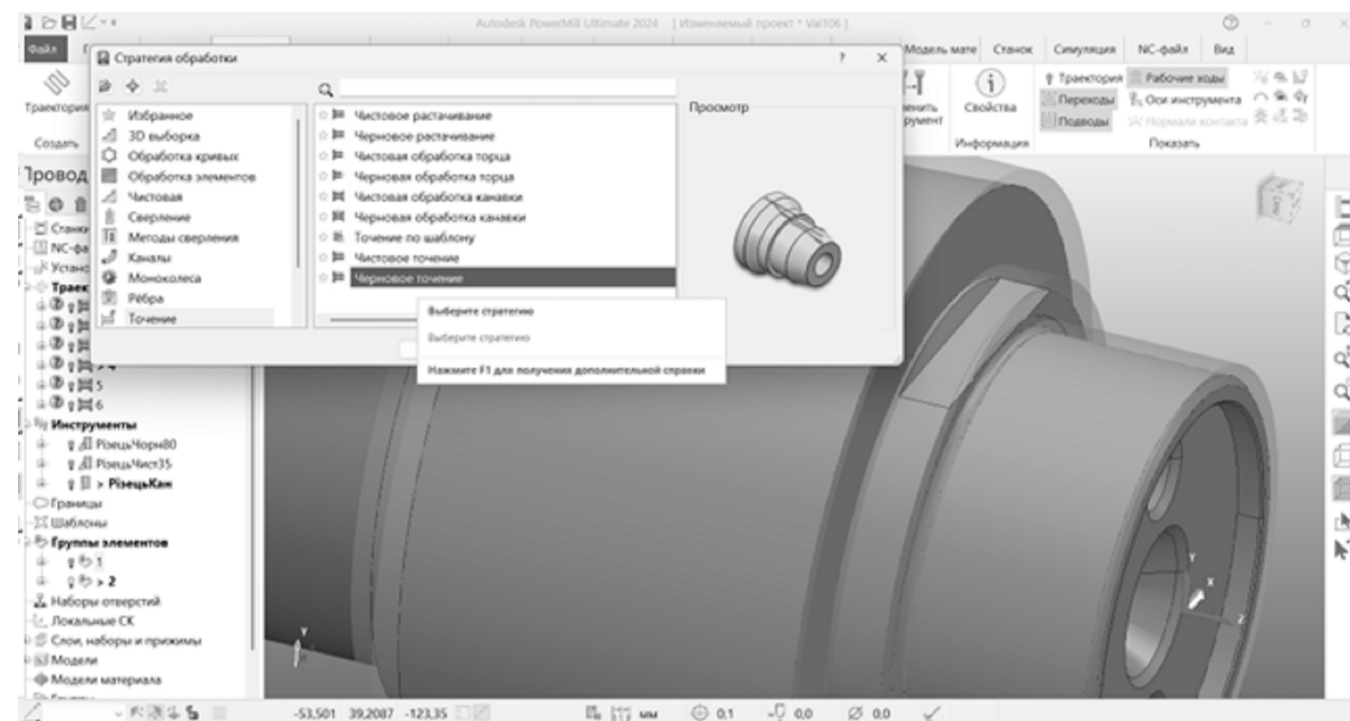


Вибір стратегії обробки

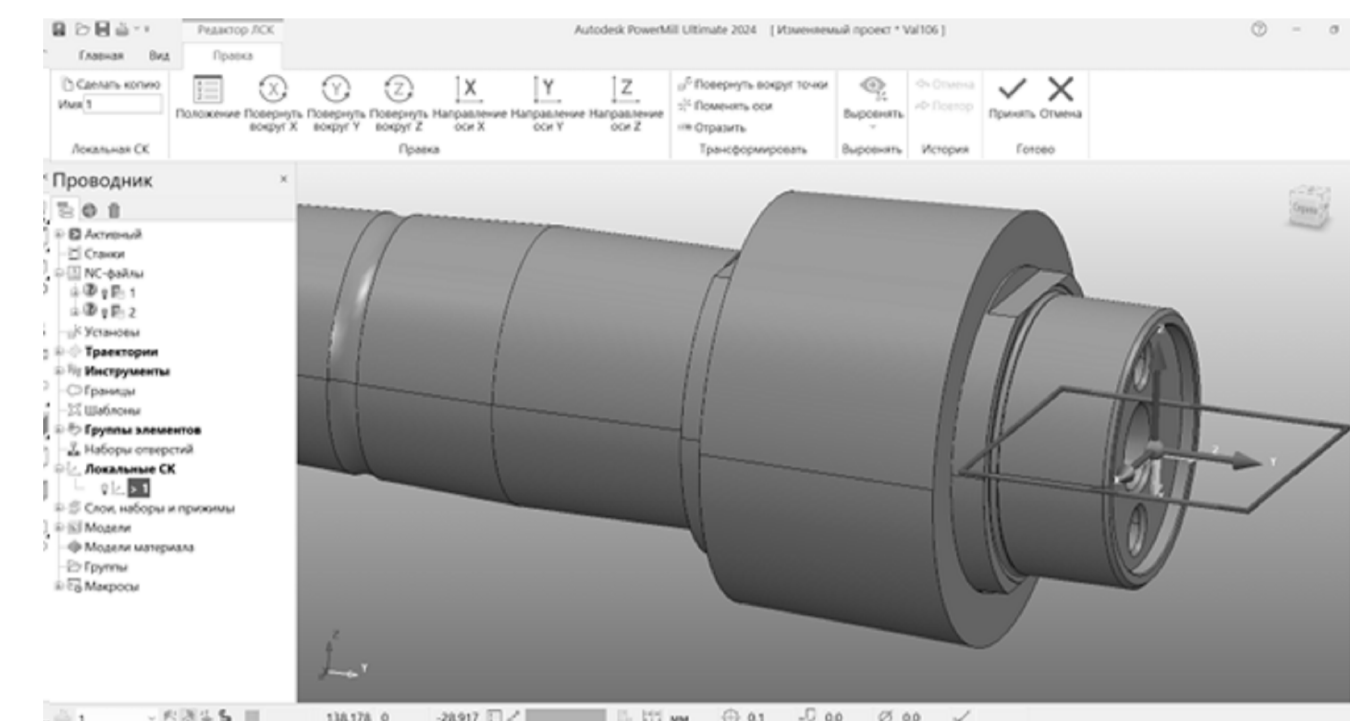


Створення моделі канавкового різця

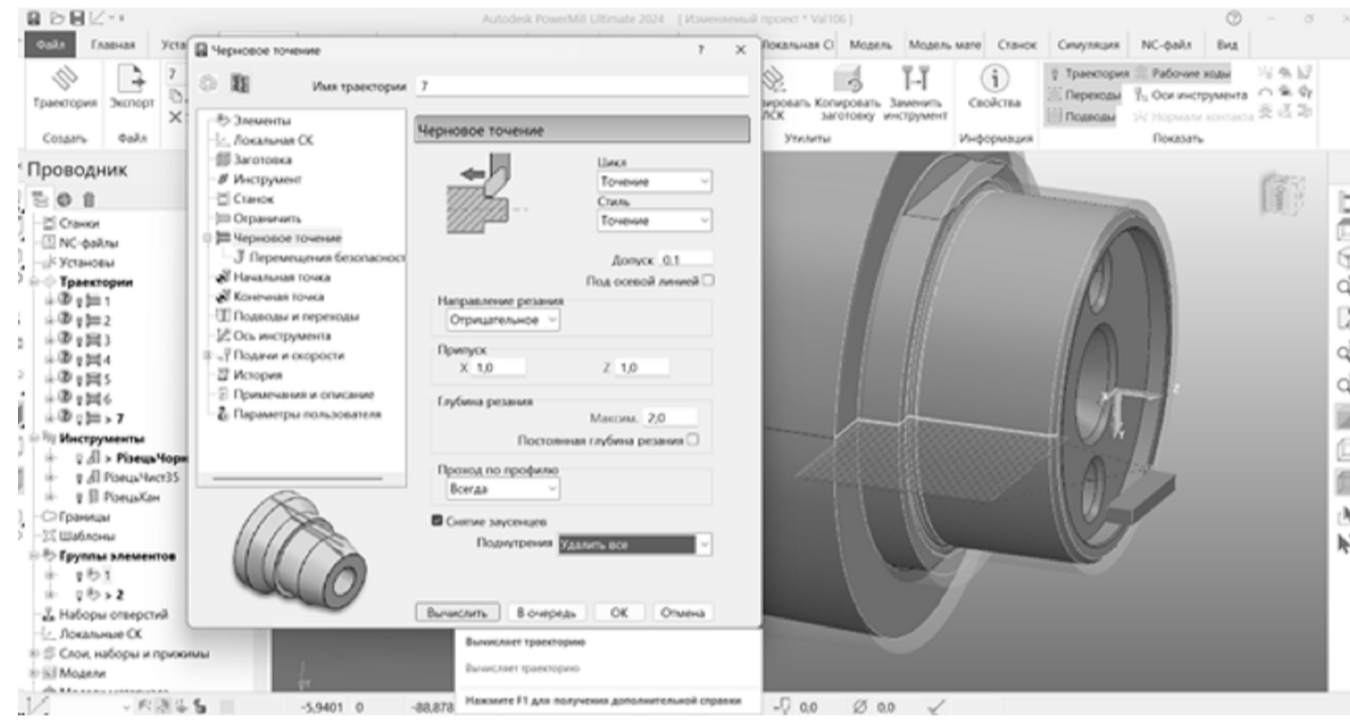
				БР.ПМ-575.03.00.000 СХ		
Зм.	Арх.	№ Док.	Підп.	Дата	Схеми до керуючої програми з ЧПК	Лист
Розроб.	Шуляр	Будзів	Шуляр			11
Перев.	Шуляр					
Т.контр.						
Н.контр.	Шуляр					
Затв.	Панчук					
						1
						ІФНТУНГ
						ПМ-23-1К



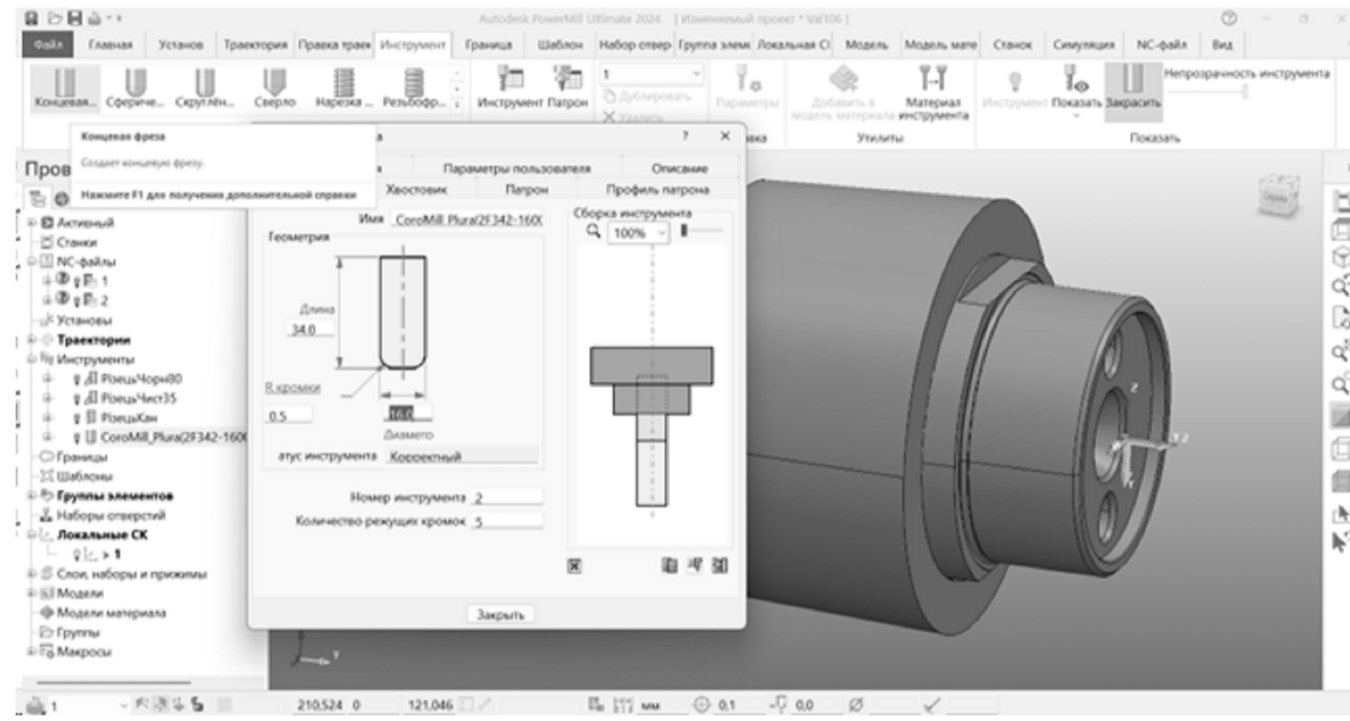
Вибір стратегії обробки



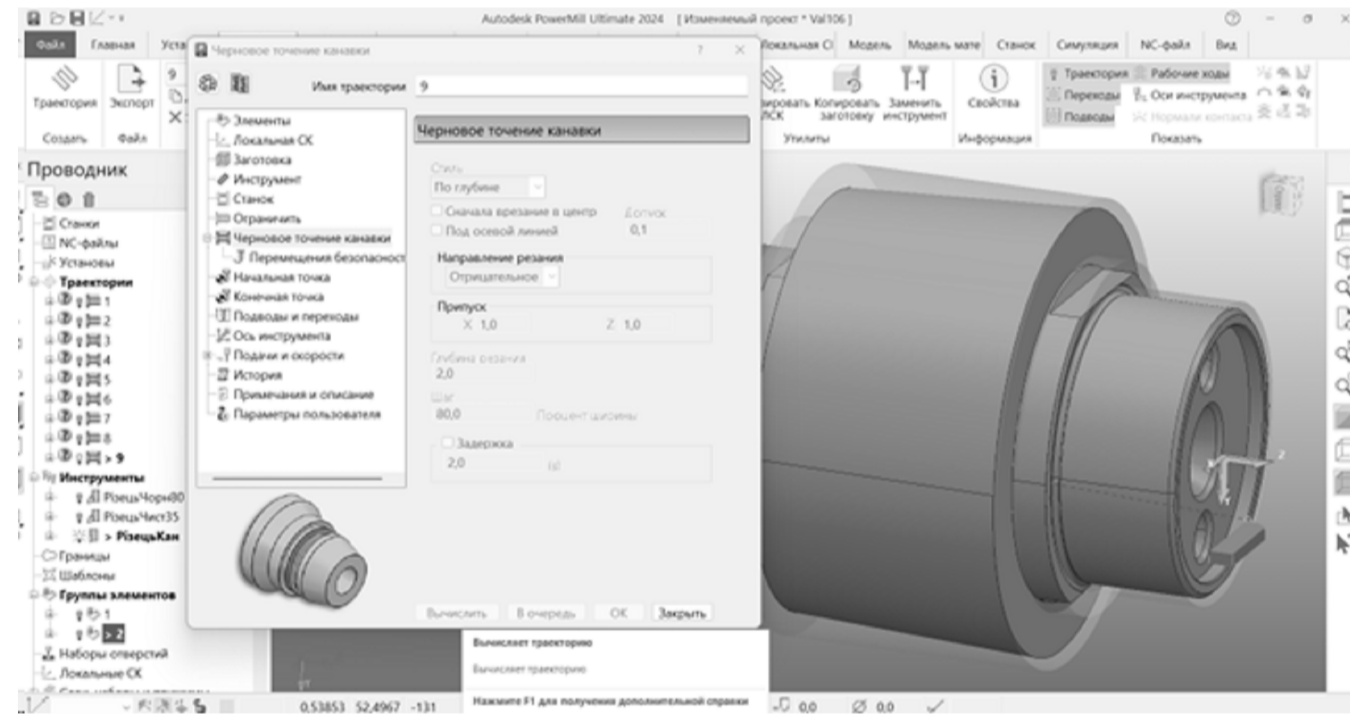
Створення локальної системи координат



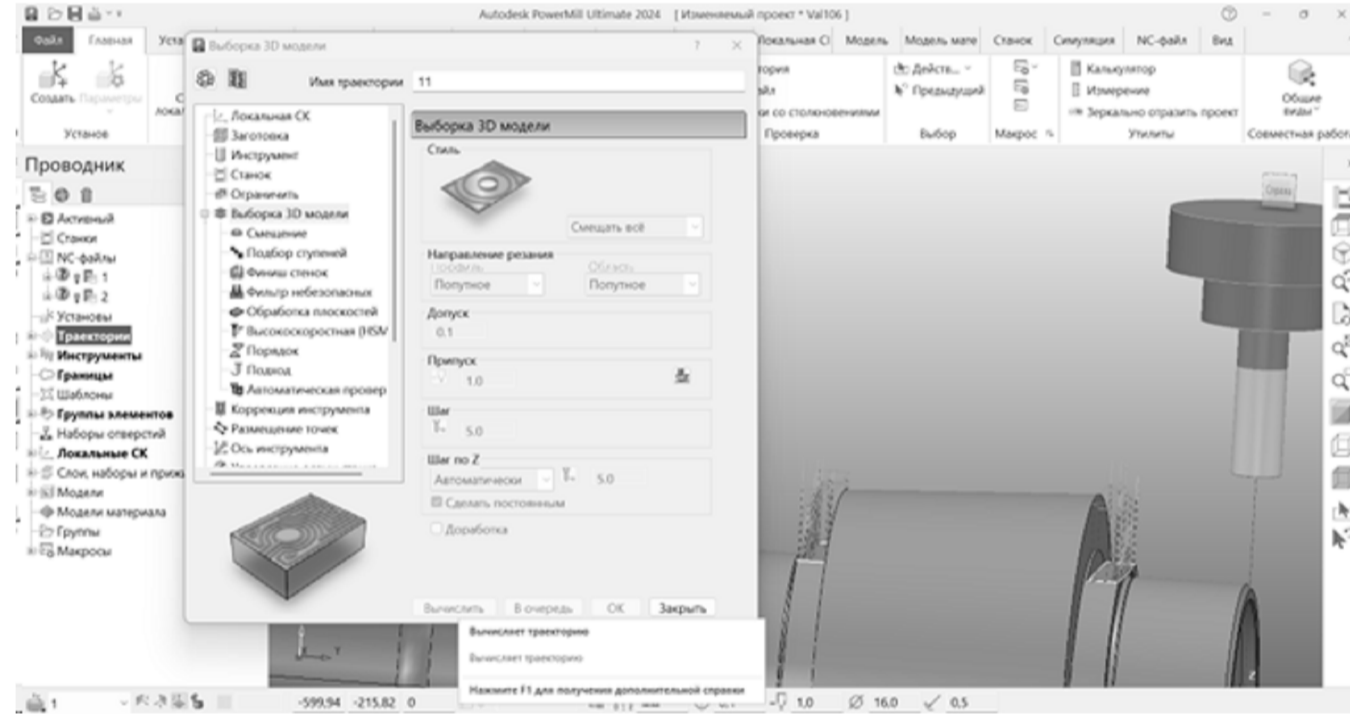
Проектування чорнового точіння



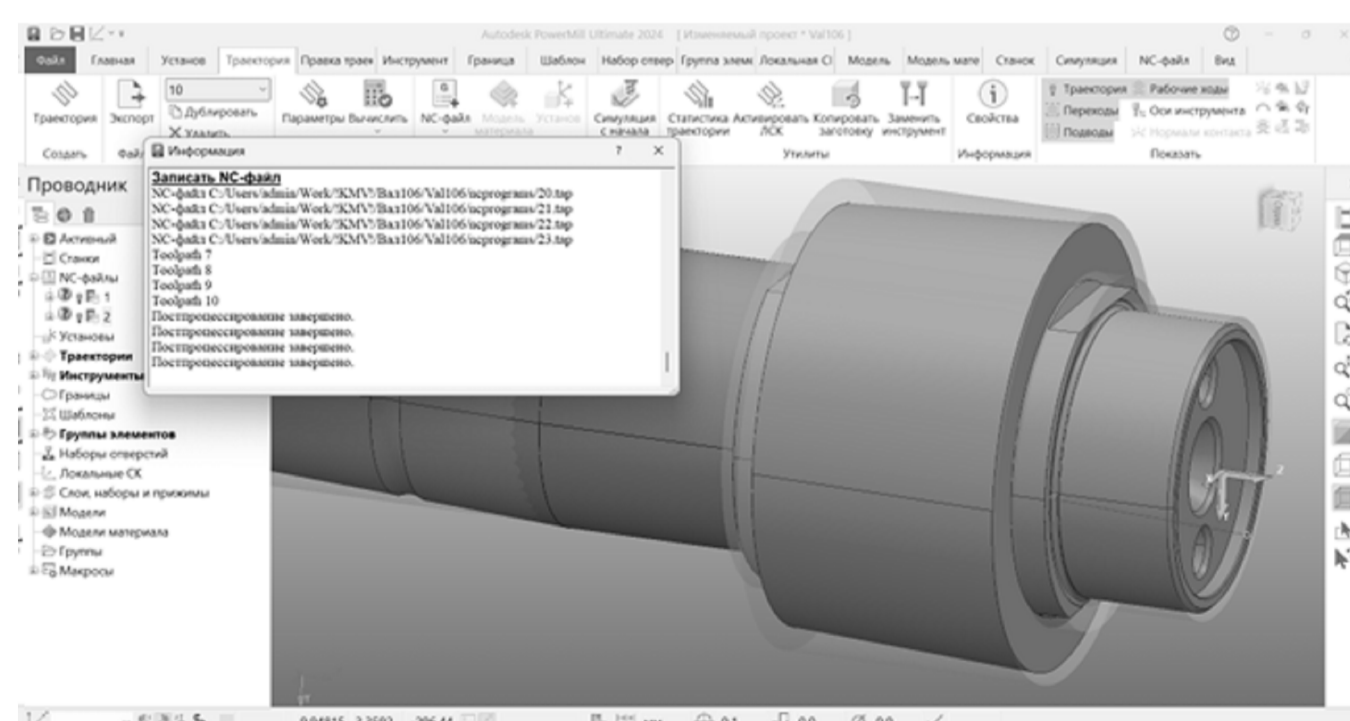
Створення моделі кінцевої фрези



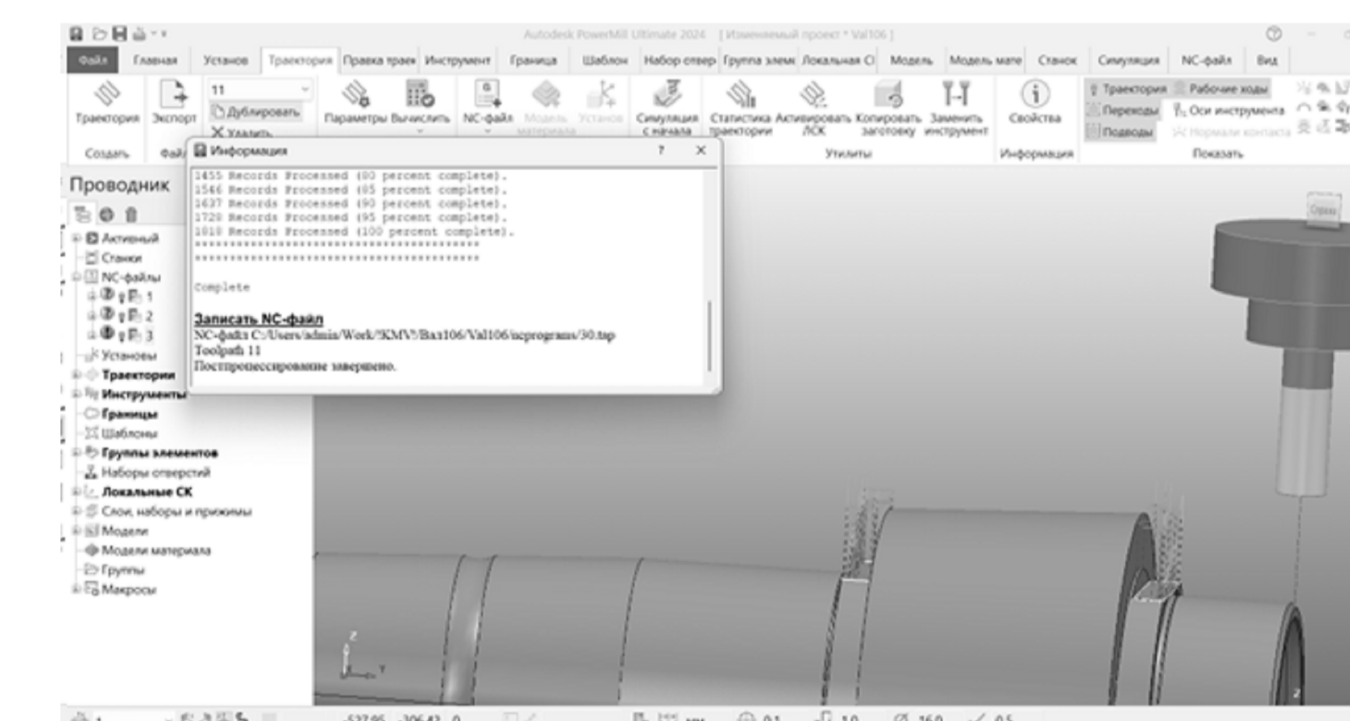
Проектування чорнового точіння канавки



Проектування фрезерування лисок



Запис NC-файла



Запис NC-файла

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID   | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 3|РІЗЕЦЬКАН|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 12 MM
105 ; PROGRAM NAME : 12
106 ; PART NAME   : I
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:30:51
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER    : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 9 S
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 8
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132  Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133  Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134  Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
137 ; TOOL NO. :3
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID   : РІЗЕЦЬКАН
140 ; TOOL DIA  : 0.0 LENGTH 0.0
142 TOOL CALL 3 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-440.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X300.7858 Z-242.7664 R0 FQ3
151 L X295.0655 F0.2
152 L X299.0655
153 L X300.7858 FQ3
154 L Z-242.3653
155 L X292.7858 F0.2
156 L X296.7858
157 L X292.5982
158 L X296.5982
159 L X300.7858 FQ3
160 L Z-242.7664
161 L X295.0655 F0.2
162 L X294.2692 Z-242.3653
163 L X292.5982
164 L X296.5982
165 L X320.0 Z-440.0 FQ3
166 ; -----
167 ; END TOOLPATH : 3
168 ; -----
169 M09
170 M05
171 L M140 MBMAX FMAX
172 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
173 CYCL DEF 32.1
174 CYCL DEF 32.2
175 M30
176 END PGM 12 MM

```

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID   | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 2|РІЗЕЦЬЧИСТ35|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 21 MM
105 ; PROGRAM NAME : 21
106 ; PART NAME   : ВАЛ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-02 - 15:33:28
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER    : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : ГЛОБАЛЬНАЯ СК
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 7 S
123 BLK FORM 0.1 Z X-73.4203 Y-73.4203 Z-310.0
124 BLK FORM 0.2 X73.4203 Y73.4203 Z0.0
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : 8
130 ; -----
131 ; PARAMETRIC FEEDRATE DEFINITION
132  Q1=500; PLUNGE FEED RATE
133  Q2=1000; CUTTING FEED RATE
134  Q3=3000; SKIM FEED RATE
135 ; FMAX USED FOR RAPID
137 ; TOOL NO. :2
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID   : РІЗЕЦЬЧИСТ35
140 ; TOOL DIA  : 0.0 LENGTH 0.0
142 TOOL CALL 2 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X320.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-70.0 FMAX
146 M08
147 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
148 CYCL DEF 32.1 T0.1
149 CYCL DEF 32.2 HSC-MODE:1 TA2
150 L X284.3262 Z-98.4086 R0 FQ3
151 L X287.1537 Z-99.8233 F0.2
152 L X290.3537 Z-101.4243
153 L X290.462 Z-101.5054
154 L X290.5 Z-101.6011
155 L Z-138.75
156 L X305.0
157 L X305.3535 Z-138.8232
158 L X305.5 Z-138.9999
159 L X305.5057 Z-149.7471
160 L X339.9371 Z-149.75
161 L X343.801 Z-149.2327
162 L X320.0 Z-70.0 FQ3
164 ; END TOOLPATH : 8
166 M09
167 M05
168 L M140 MBMAX FMAX
169 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
170 CYCL DEF 32.1
171 CYCL DEF 32.2
172 M30
173 END PGM 21 MM

```

				<i>БР.ПМ-575.03.00.000СХ</i>				
Зм.	Арх.	№ Докм.	Підп.	Дата	Схеми до керуючої програми з ЧПК	Лит	Маса	Масштаб
Розроб.	Будзон					Н		1:1
Перев.	Шуляк					Архив	Архив	1
Т.контр.	Шуляк					ІФНТУНГ ПМ-23-1К		
Н.контр.	Шуляк							
Затв.	Личук							