

БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

БР.ПМ-34.00.00.000.ПЗ

Група ПМ-21-1

Берчак Віталій Васильович

2025

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**  
Інститут інженерної механіки і робототехніки  
Кафедра: комп'ютеризованого машинобудування

Берчак Віталій Васильович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91  
(індекс)

## **БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологія виготовлення деталі «Вісь Ш 16.2К-003»  
(назва роботи)

Прикладна механіка  
(назва освітньої програми)

131 – Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Берчак В.В.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ

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

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

професор

(посада) (підпис) (дата)

Панчук В. Г.

(ініціали та прізвище)

Рецензент

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

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

м. Івано-Франківськ — 2025 рік

# Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки і 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 БАКАЛАВСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Берчаку Віталію Васильовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Технологія виготовлення деталі «Вісь Ш 16.2К-003»»

Керівник роботи Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «06» червня 2025 року № 332/7

2. Терміни подання студентом роботи 15 червня 2022р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний кресленик деталі «Вісь Ш 16.2К-003»; тип виробництва- середньосерійний

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

1. Технологічна частина.

2. Конструкторська частина .

4. Створення керуючої програми.

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

1. карта налагоджень на операцію 010 -1 лист А1. 2. Креслення фрезерного пристрою – 1 лист А1. 3. Креслення фрезерно-свердлильного пристрою – 1 лист А1. Етапи проектування траєкторій руху інструмента – 1 лист А1. 4. Імітація обробки на верстаті з ЧПК – 1 лист А1.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-4	Лукань Т.В., асистент кафедри КМВ	25.02.2025	

7. Дата видачі завдання 25.02.2025

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Технологічна частина	10.03.2025	
2	Конструкторська частина	01.04.2025	
3	<u>Створення керуючої програми</u>	01.05.2025	
4	Оформлення графічної частини	15.05.2025	
5	Захист бакалаврської роботи	01.06.2025	

Студент \_\_\_\_\_ Берчак В.В.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Лукань Т.В.  
( підпис ) ( прізвище та ініціали )

“ 24 ” 06 2025\_p.

## Реферат

Бакалаврська робота виконана на тему «Технологія виготовлення деталі «Вісь Ш 16.2К-003»».

Робота складається із 80 аркушів. Містить рисунки 47, таблиці 17, та додатки. В процесі виконання роботи було використано 11 бібліографічних джерел.

Об'єкт дослідження – процес механічної обробки деталі «Вісь Ш 16.2К-003».

Предмет дослідження – створення технологічного процесу обробки та виготовлення деталі «Вісь Ш 16.2К-003».

Мета роботи – розробка технології виготовлення деталі «Вісь Ш 16.2К-003» для умов середньо-серійного виробництва.

Основне завдання роботи – розробити технологічний процес механічної обробки для виготовлення деталі вісь; обрати спосіб отримання заготовки; визначення режимів обробки; підбір інструментів та оснащення; проектування верстатних пристроїв; створення керуючої програми для обробки на верстаті з ЧПК.

Враховуючи поставлені задачі досягнуто:

- 1) Розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вісь Ш 16.2К-003»» для умов середньосерійного виробництва.
- 2) Вдосконалено конструкцію фрезерного пристрою.
- 3) Використання обладнання з ЧПК дозволило зменшити кількість обладнання.

*Ключові слова: технологічний процес, припуск, технологічна документація, заготовка, точність, обробка, деталь, верстати, інструмент, пристрій.*

Студент Берчак В.В.

## Summary

The bachelor's work is devoted to the topic «Technology manufacturing of a part «Axle Axis Sh 16.2K-003»».

The work consists of 80 pages. Contains figures 47, tables 17, and appendices. In the process of performing the work, 11 bibliographic sources were used.

The object of research is the process of machining the part 'Axis Sh 16.2K-003'.

The subject of research is the creation of a technological process for machining and manufacturing the part 'Axis Sh 16.2K-003'.

Purpose - to develop a manufacturing technology for the part 'Axis Sh 16.2K-003' for medium-sized production.

The main tasks of the work are to develop a technological process of machining for the manufacture of an axle part; select a method of obtaining a workpiece; determine processing modes; select tools and equipment; design machine tools; create a control program for machining on a CNC machine.

The following objectives were achieved:

- 1) A technological process for machining the part 'Axis Sh 16.2K-003' was developed for medium-sized production.
- 2) The design of the milling device was improved.
- 3) The use of CNC equipment allowed to reduce the number of equipment.

*Keywords: technological process, allowance, technological documentation, workpiece, accuracy, machining, part, machine tools, tool, device.*

Student: Berchak V.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	8
1.1 Призначення і конструкція деталі .....	8
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	10
1.3 Встановлення типу та організаційної форми виробництва .....	13
1.4 Аналіз базового технологічного процесу .....	15
1.5 Розробка маршрутної технологій .....	17
1.5.1 Обґрунтування способу отримання заготовки.....	17
1.5.2 Обґрунтування проектного технологічного процесу .....	19
1.5.3 Вибір і обґрунтування методів обробки поверхонь .....	20
1.5.4 Вибір та обґрунтування технологічних баз.....	22
1.6 Розробка операційної технологій .....	25
1.6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку та визначення технологічних розмірів.....	25
1.6.2 Визначення режимів різання та уточнення моделей верстатів .....	32
1.6.3 Нормування технологічного процесу .....	50
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	53
2.1 Пристрій фрезерно-свердлильний.....	53
2.1.1. Опис конструкції пристрою .....	53
2.1.2 Принцип роботи пристрою.....	53
2.1.3 Службове призначення пристрою .....	54
2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки в пристрої.....	56
2.1.5 Розрахунок слабкої ланки пристрою на міцність .....	60
2.2 Пристрій фрезерний .....	61
2.2.1 Опис конструкції пристрою .....	61
2.2.2 Принцип роботи пристрою.....	61
2.2.3 Розрахунок впливу пристрою на похибку обробки.....	62
3 РОЗРОБЛЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВЕРСТАТА З ЧПК .....	64
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	79

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>					
Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата	<b>Пояснювальна записка</b>					
Розроб.		Берчак ВВ.						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Лукань Т.В.							6	
Н.контр.		Лукань Т.В.						<b>ІФНТУНГ ПМ-21-1</b>		
Рецензент										
Затверд.		Панчук В.Г.								

## ВСТУП

Основним завданням бакалаврської роботи є складання технологічного процесу з використанням передових технологій і сучасного високопродуктивного обладнання.

При серійному типі виробництва характерними є часті переналадки обладнання на іншу номенклатуру продукції. Для даного типу виробництва рекомендуються верстати з ЧПК та одношпиндельні півавтомати, які допускають швидку переналдку та перепрограмування, і забезпечують високу точність та продуктивність роботи.

Зміна типу заготовки дозволила різку труби виконувати на токарному труборізальному верстаті, що забезпечує перпендикулярність площини різку до осі заготовки і зменшує машинний час в порівнянні з різкою прокату на стрічковій пилі.

Використання токарно-копіювального півавтомата дозволяє якісно і швидко проточити циліндричні ступені заготовки і прорізати канавки, точити фаски.

Використання фрезерно-свердлильного верстата з ЧПК мод 2204ВМФ4 дозволило об'єднати декілька операцій базового техпроцесу в один, що скоротило час обробки, дало можливість зменшити верстатний парк дільниці.

Впровадження нових верстатів, передбачених проектним техпроцесом, який розроблено в даній бакалаврській роботі, дозволить скоротити час при забезпеченні високої якості обробки.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Призначення і конструкція деталі

Прийнята деталь, вісь шарошки Ш 16.2К-003, згідно класифікації за Ф.С. Дем'янюком, відноситься до класу валів.

Вона є важливою складовою породоруйнівного інструменту - шарошки Ш16.2К, якими оснащений бур комбайну 2КВ. Комбайн 2КВ призначений для проходження гірничих виробіток по породах і рудах з коефіцієнтом міцності до 10-12 одиниць по шкалі професора М.М. Протодьяконова. Проходження виробіток відбувається шляхом буріння пілотної свердловини зверху вниз з наступним її розбурюванням знизу вверх при зворотному ході бурильної колони.

Приведемо коротку характеристику комбайну 2КВ:

Глибина буріння, м –до 100

Діаметр пілотної свердловини, мм –270

Діаметр буріння виробітки, мм – 1500

Потужність комбайна, кВт –132

Маса комбайна, т – 12,5

На бурі монтується 8 шарошок Ш16.2К-003 озброєння шарошок залежить від міцності порід, які руйнуються.

Опора шарошок герметизована і заповнена мастилом ТАП-15В або іншим рівноцінним. Ущільнення виконано двома парами притертих металічних кілець, зусилля затиску в ущільнюючих вузлах здійснюється гумовими амортизаційними кільцями.

Опора виконана по схемі ролик-замкова кулька-ролик. Кульковий підшипник, який виконує роль замка, сприймає тільки осьові навантаження, всі радіальні навантаження передаються на два роликові підшипники. Опора закривається торцевими кришками, в яких змонтовані вузли ущільнення. Кришки накручуються на різьбові ділянки осі і фіксуються штифтами.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На лівому торці осі є канал для заправки зібраної шарошки мастилом. Після заправлення канал заглушується різьбовою пробкою. Для виставлення і закріплення шарошки на бурі комбайну служать два циліндричні пояси осі (діаметрами 100 і 120мм.) і центральний отвір діаметром 72 мм. При поставці замовнику в центральний отвір шарошки вставляється дерев'яна пробка, яка запобігає випаданню замкової пробки (заглушки замкового кулькового підшипника).

#### Технічна характеристика шарошки Ш16.2К

Габаритні розміри, мм – 310x300

Робоче навантаження, кН. – 160

Маса, кг – 115

Розглянемо основні поверхні, їх точність, шорсткість і т. ін. Результати аналізу оформимо у вигляді таблиці.

Таблиця 1.1 – Вимоги по точності розмірів і якості поверхонь

Поверхня	Конфігурація	Розмір	Квалітет точності	Шорсткість	Допуск форми і розміщення поверхонь
1	2	3	4	5	6
Бігові доріжки під роликові радіальні підшипники	Циліндрична поверхня з буртиком	$\varnothing 113,5_{-0,054}$	h8	Ra=1,25мкм	Радіальне биття відносно осі не більше 0.06мм
Бігові доріжки під кульковий підшипник	Фігурна поверхня під профіль кульки $\varnothing 22,225$ мм	$\varnothing 113,5_{-0,054}$	h8	Ra=1,25мкм	Радіальне биття відносно осі не більше 0,06мм
Зовнішні приєднувальні поверхні	Циліндричні поверхні	$\varnothing 100$ $\varnothing 120$	d11 d11	Ra=3,2 мкм	Радіальне биття відносно осі не більше 0,16мм
Пояски на внутрішньому центральному отворі	Циліндричні поверхні	$\varnothing 72^{+0,3}$		Ra=3,2 мкм	
Отвір під замкову пробку	Циліндрична поверхня	$\varnothing 30^{+0,52}$		Ra=3,2 мкм	

Матеріал осі - легована конструкційна сталь 20ХН3А ДСТУ 7806:2015. Дана сталь після хіміко термічної обробки дає високу твердість поверхневого шару при відносно м'якій і пластичній серцевині, що дуже важливо для деталей бурового інструменту.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад сталі 20ХН3А ДСТУ 7806:2015.

C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S	Cu
					Не більше		
0,17-0,24	0,3-0,6	0,17-0,371	0,6-0,9	2,75-3,15	0,025	0,025	0,3

Після проведення хіміко-термічної обробки (цементация, гартування, відпуск) твердість на поверхнях, які не захищалися від ХТО повинна становити HRC 58 ... 63, глибина шару цементации (після кінцевої механічної обробки) не менша 1,6 мм. Твердість серцевини HRC 38 ... 53, межа міцності  $\sigma_{\text{вmin}}=813\text{МПа}$ .

Згідно креслення, цементации піддаються бігові доріжки під підшипники (роликові і кульковий), поверхні з різьбами M125x1,5 і M130x1,5 і їх торці підлягають обов'язковому захисту від цементации.

Для забезпечення гарантованого захисту від цементации дані поверхні перед ХТО повинні мати припуск металу товщиною не менше 3 мм на сторону. Інші поверхні, що не потребують цементации можна захищати антицементациейною пастою.

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції деталі - це сукупність властивостей конструкції деталі, що проявляються в можливості оптимальних затрат праці, матеріалу і часу при технічній підготовці виробництва, забезпеченні технологічності складальної одиниці, до складу якої входить деталь.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічність конструкції деталі оцінюється показниками двох видів: кількісними і якісними.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів:

$$K_{ye} = a_y / a$$

де  $a_y$  - кількість уніфікованих елементів деталі;

$a$  - загальна кількість елементів деталі.

$$K_{ye} = 18 / 18 = 1;$$

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{BM} = M_1 / M$$

де  $M_1$  - чиста маса деталі;

$M$  - норма витрати матеріалу.

При виконанні осі з прокату діаметром 140мм.

$$M = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot l \cdot \rho = \frac{\pi \cdot 14^2}{4} \cdot 30 \cdot 7.8 = 36 \cdot 10^3 \text{ г} = 36 \text{ кг}$$

$$K_{BM} = 16 / 36 = 0,44$$

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - 1/T_{cp};$$

де  $T_{cp}$  - середня точність обробки.

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}$$

$T_i$  - точність обробки  $i$  - того елемента (квалітет);

$n_i$  - кількість  $i$  - тих елементів.

Дані для розрахунку зведемо в таблицю.

Таблиця 1.3 Аналіз точності поверхонь

$T_i$	8	9	10	11	12	13	14	15 і більше
$n_i$	3	-	2	6	6	11	18	6

$$T_{cp} = (8 \cdot 3 + 10 \cdot 2 + 11 \cdot 6 + 12 \cdot 6 + 13 \cdot 1 + 14 \cdot 18 + 15 \cdot 6) / 42 = 12,79$$

$$K_T = 1 - (1 / 12,79) = 0,92;$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_R = 1 - 1/R_{cp};;$$

де  $R_{cp}$  - середня шорсткість.

Таблиця 1.4 Аналіз шорсткості поверхонь

$R_i$	1,25	2,5	3,2	6,3	12,5
$n_i$	3	4	5	26	1

$$R_{cp} = \frac{\sum R_i \cdot n}{\sum n_i} = \frac{1.25 \cdot 3 + 2.5 \cdot 4 + 3.2 \cdot 5 + 6.3 \cdot 26 + 12.5 \cdot 1}{39} = 5.28$$

$$K_R = 1 - (1/5,28) = 0,81;$$

Проведемо оцінку технологічності матеріалу, з якого виготовлена наша деталь - сталі 20ХНЗА ДСТУ 7806:2015

Сталь придатна для обробки тиском, по зварюваності сталь відноситься до обмежено зварювальної. Методи зварки: ручна дугова, автоматична дугова під флюсом або в середовищі вуглекислого газу. Сталь добре обробляється різанням. Хіміко-термічна обробка забезпечує високу поверхневу твердість при в'язкій серцевині, що особливо важливо для деталей бурового інструменту. Поверхні, які не повинні мати високу твердість після гартування, можна захистити від цементації припуском металу або анти цементаційною пастою.

Висновок: деталь „вісь" шарошки Ш16.2К-003 є технологічною по всіх показниках.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

### 1.3 Встановлення типу та організаційної форми виробництва

Вихідні дані для розрахунку:

Тип виробництва: середньо-серійний;

Коефіцієнт серійності:  $K_c=10 \dots 20$  (для серійного виробництва) [4];

Режим роботи підприємства: двохзмінний.

Трудомісткість операцій згідно базового технологічного процесу приведемо в таблиці.

Таблиця 1.5. Трудомісткість операцій

№ опер.	Назва операції	Тшт, хв.	№ опер.	Назва операції	Тшт, хв.
010	Токарна	2,5	055	Токарна	8,5
015	Токарна	2,0	060	Фрезерна	3,0
020	Фрезерна	2,5	065	Свердлильна	1,5
025	Токарна	10,4	095	Шліфувальна	2,0
030	Токарна	10,0	100	Шліфувальна	2,5
050	Токарна	9,0	105	Токарна	1,5

Середній штучний час визначимо за формулою:

$$T_{шт.сер} = \frac{\sum T_{шт}}{n}$$

де:  $\sum T_{шт} = 55,4$  хв. - сумарний штучний час;

$n = 12$  - число операцій;

$$\text{Тоді } T_{шт.сер} = 55,4 / 12 = 4,617 \text{ хв};$$

Такт випуску деталей визначимо по формулі:

$$t_B = K_c \cdot T_{шт.сер} = 10 \cdot 4,617 = 46,17 \text{ хв};$$

Річна програма випуску деталей:

$$N = 60 \cdot F_d / t_B;$$

де:  $F_d$  - дійсний річний фонд роботи обладнання, год/зм.

$$F_d = F_H \cdot K;$$

де:  $F_H = 4048$  год - номінальний річний фонд часу роботи обладнання при двохзмінному завантаженні;

$K=0,95$  - коефіцієнт втрати часу для металорізальних верстатів;

$$\text{Тоді } N = 60 \cdot F_H \cdot K / t_B = 60 \cdot 4048 \cdot 0.95 / 46.17 = 4997,53 \text{ шт.};$$

Приймаємо  $N = 5000$  шт.

Встановимо організаційну форму виробництва. Розглянемо перемінно-потоккову форму організації виробництва.

Попередньо визначимо величину партії деталей:

$$n = \frac{N \cdot a}{D} = \frac{5000 \cdot 5}{254} = 98.4 \approx 98 \text{ дет}$$

де  $a = 5$  - періодичність запуску.

Кількість змін, необхідних для обробки партії деталей:

$$C = \frac{\sum T_{um} \cdot n}{0.5 \cdot K_{pm} \cdot F_c \cdot \eta_n}$$

де:  $K_{pm} = 12$  - загальна кількість робочих місць (кількість операцій);

$F_c = 952$  хв. - добовий фонд часу роботи обладнання;

$\eta_n = 0,5$  - коефіцієнт завантаження обладнання для середньо-серійного типу виробництва.

$$\text{Тоді } C = \frac{55.4 \cdot 98}{0.5 \cdot 12 \cdot 952 \cdot 0.5} = 1.9$$

Приймаємо кількість робочих змін  $C_{пр} = 2$

Визначаємо число деталей в партії, необхідне для завантаження обладнання.

$$n = \frac{C_{пр} \cdot 480 \cdot \eta_n}{T_{um,сер}}$$

де: 480 - дійсний фонд роботи обладнання в одну зміну.

$$n = \frac{2 \cdot 480 \cdot 0,5}{4,617} = 103,96 \text{ шт}$$

Приймаємо  $n = 100$  шт.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4 Аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 1.6 – Заводський (базовий) технологічний процес виготовлення осі шарошки Ш16,2К покажемо в вигляді таблиці

№ опер.	Назва операції	Зміст операції
005	Контрольна	Провести вхідний контроль прокату
010	Відрізна	Відрізати заготовку.
015	Токарна	Свердлити центровий отвір Точити циліндричну поверхню, торець Свердлити глухий отвір
020	Токарна	Свердлити центровий отвір Точити циліндричну поверхню, торець Свердлити наскрізний отвір
025	Токарна	Чорнове точіння однієї сторони Розточування отвору
030	Токарна	Чорнове точіння другої сторони Розточування отвору
035	Фрезерна	Фрезерувати торець, залишаючи виступ шириною 70 мм.
040	Токарна	Точити бігові доріжки, фаски, канавки, бурти.
045	Контрольна	Контроль заготовки.
050	Х.т.о.	Провести цементацію
055	Контрольна	Контролювати глибину цементаційного шару.
060	Свердлильна	Свердлити отвір під пробку.
065	Свердлильна	Розсвердлити отвір під захід різьби, зенкувати фаску.
070	Фрезерна	Фрезерувати лиску під кутом 45° на виступі шириною 70мм.
075	Свердлильна	Свердлити поперечний отвір для виходу масла в опору.
080	Токарна	Точити поверхні під різьби М125х1,5 і М130х1.5 для зняття захисного припуску.
085	Фрезерна	Свердлити отвір Ø10 під пробку замкового підшипника
090	Слюсарна	Нарізати різь М8 під пробку в масляному каналі.
095	Контрольна	Перевірити виконані розміри.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

100	Термічна	Провести ґрунтування і низький відпуск.
105	Дробоструминна	Чистка заготовки.
110	Контрольна	Контроль твердості деталі.
115	Слюсарна	Прогнати різьбу М8, зачистити центрові фаски
120	Шліфувальна	Шліфувати кулькову бігову доріжку.
125	Шліфувальна	Шліфувати роликові бігові доріжки.
130	Шліфувальна	Шліфувати приєднувальні поверхні діаметрами 100 і 120мм.
135	Токарна	Нарізати різьби М125х1,5 і М130х1,5 і підрізати торці.
140	Контрольна	Кінцевий контроль деталі.
145	Консервація	Нанести тонкий шар консерваційного мастила на поверхні осі.

Проаналізувавши існуючий заводський техпроцес на наявне на підприємстві обладнання, пропонуються наступні зміни:

Операція 010 виконати не на пилі, а на токарно-труборізному верстаті 1Н983. Це стає можливим при зміні заготовки: замість прокату Ø140мм, для заготовки приймаємо трубу сталю безшовну гарячедеформовану діаметром 140мм із товщиною стінки 36мм. Глибина різання складає 36мм, для цього можна використати токарні відрізні різці.

Виконання відрізання заготовки на токарному верстаті дозволяє зменшити величину припусків на непаралельність і не площинність різів, необхідних при різанні на пилі, а також об'єднати відрізню операцію з наступними токарними операціями по виготовленню технологічних баз.

Зміна заготовки з прокату на трубу дозволяє відмовитись від центрування і свердління з двох сторін центрального наскрізного отвору, що виконується в базовому техпроцесі на операціях 015-020.

Пропонується об'єднати операції 060-075 (свердлильні і фрезерну) в одну операцію і виконати її на фрезерно-свердлильному верстаті з ЧПК Haas DM-2. Заготовка закріплюється в приспособленні, послідовно виконуються переходи при заміні інструменту з інструментального магазину. Фрезерування лиски і свердління поперечного отвору здійснюється при провертанні стола верстату на кут 45° і 90°.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропонується також відмовитись від операції 130 (шліфування приєднувальних циліндричних поверхонь), замінивши шліфування на точіння і поєднавши точіння даних поверхонь.

З нарізанням різьб M125x1,5 і M130x1,5 (операція 135 базового техпроцесу). Допуск приєднувальних поверхонь по 11 квалітету, шорсткість даних поверхонь  $R_a=3,2$  мкм, що цілком гарантує токарна обробка.

Впровадження пропонованих змін в заводській (базовий) технологічний процес дозволить підвищити якість деталі, скоротити час її виготовлення і знизити собівартість механічної обробки.

## 1.5 Розробка маршрутної технології

### 1.5.1 Обґрунтування способу отримання заготовки

На підприємстві, відповідно до базового техпроцесу, заготовкою служить прокат діаметром 140мм., довжина заготовки 320мм.

Маса заготовки:

$$M_1 = \pi \cdot d^2 \cdot L \cdot \rho / 4 \cdot 100 = \pi \cdot 14^2 \cdot 32 \cdot 7.8 / 4 \cdot 100 = 38.4 \text{ кг.}$$

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{M1} = M_d / M_1 = 16 / 38,4 = 0,42$$

де  $M_d=16$  кг. - маса готової продукції;

Собівартість заготовки з прокату:

$$S_{заг1} = \left( \frac{C_1}{1000} \cdot M_1 \right) - (M_1 - M_d) \cdot \frac{S_{від}}{1000}$$

де:  $C_1=6200$  грн. - вартість 1 пачки прокату

$S_{від}=250$  грн. - вартість 1 пачки відходів.

$$S_{заг1} = \left( \frac{6200}{1000} \cdot 38,4 \right) - (38,4 - 16) \cdot \frac{250}{1000} = 224,48 \text{ грн.}$$

В проектованому техпроцесі пропонується отримання деталі з заготовки - труби.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для заготовки пропонується безшовна гарячекатана труба із сталі 20ХН3А.

Позначення труби Труба  $\frac{140 \times 36 \times 310 \text{ ДСТУ 8938:2019}}{20\text{ХН3А ДСТУ 7806:2015}}$

Визначаємо масу заготовки з труби:

$$M_2 = \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot L \cdot \rho / 4 \cdot 100 = \pi \cdot (14^2 - 6.8^2) \cdot 31 \cdot 7.8 / 4 \cdot 100 = 28.4 \text{ кг.}$$

де  $D = 140$  мм. - зовнішній діаметр труби;

$d = D - 2 \cdot S = 140 - 2 \cdot 36 = 68$  мм - внутрішній діаметр труби при товщині стінки  $S=36$  мм.

$L = 310$  мм. - довжина заготовки.

Коефіцієнт використання металу:

$$K_{M2} = M_d / M_2 = 16 / 28.4 = 0,56$$

що більше відповідного значення при використанні заготовки - прокату.

Собівартість заготовки з труби:

$$S_{заг2} = \left( \frac{C_2}{1000} \cdot M_2 \right) - (M_2 - M_d) \cdot \frac{S_{від}}{1000}$$

де  $C_1 = 6500$  грн. - вартість 1 пачки прокату

$S_{від} = 250$  грн. - вартість 1 пачки відходів.

$$S_{заг2} = \left( \frac{6500}{1000} \cdot 28.4 \right) - (28.4 - 16) \cdot \frac{250}{1000} = 181.5 \text{ грн.}$$

Вибираємо з ДСТУ 8938:2019 параметри труби і її допуски.

Допуск на зовнішній діаметр  $\pm 0,8\%$  [табл. 2] ;

Допуск на товщину стінки  $\pm 5\%$  [табл. 3];

Тобто, зовнішній діаметр труби:  $D=(139,2 \div 141,12)$ мм.;

Товщина стінки:  $S=(34,2 \div 37,8)$  мм;

Внутрішній діаметр труби:  $d=(63,6 \div 72,7)$  мм.

Зовнішній номінальний діаметр труби:

при діаметрі деталі до 135мм. і відношенні  $L_d / d_d \leq 4$  (в нашому випадку  $300 / 134 = 2,2 < 4$ ) рекомендований діаметр заготовки  $D_{заг} = 140$ мм.

Результатами проведення техніко-економічних розрахунків підтверджують доцільність заміни заготовки з прокату на заготовку з труби. Коефіцієнт

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

використання металу при переході на нову заготовку зростає з 0,42 до 0,56 (на 33%). Крім того, відпадає необхідність в свердлінні наскрізного центрального отвору, що скорочує час на виготовлення деталі і знижує вартість механічної обробки.

### 1.5.2 Обґрунтування проектного технологічного процесу

Проектний технологічний процес враховує всі пропозиції до базового техпроцесу, що дозволить скоротити час виготовлення деталі і знизити собівартість механічної обробки.

Таблиця 1.7 – Проектний технологічний процес покажемо в вигляді таблиці

№ опер.	Назва операції	Зміст операції	Обладнання
005	Контрольна	Вхідний контроль.	Контрольний пост
010	Токарна	Підрізати торець. Точити центрову фаску. Точити поверху.	Токарно-труборізний верстат мод. 1Н983
015	Токарна	Підрізати другий торець. Розточити центр, отвір до $\varnothing 80$ на глибину 16 мм. Точити центр. фаску. Точити поверху.	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20
020	Фрезерна	Фрезерувати торець з виступом шириною 70 мм. Місце під маркування.	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК XYZ Machine Tools RMX3500
025	Токарна	Точити ступені бігової доріжки з однієї сторони.	Токарний верстат з ЧПК мод. HARRISON ALPHA 1350XS
030	Токарна	Точити ступені бігової доріжки з другої сторони.	Токарний верстат з ЧПК мод. HARRISON ALPHA 1350XS
035	Контрольна	Контроль виконаних операцій до ХТО	Контрольний пост
040	Хіміко-термічна обробка	Цементация	Цементацияна піч
045	Контрольна	Контроль глибини шару цементацияі по свідку	Лаборатория
050	Токарна	Точити ступені. Прорізати канавки під вихід шліф круга. Точити фаски.	Токарно-копірувальное півавтомат мод. 1722
055	Токарна	Те саме з другої сторони	Токарно-копірувальное півавтомат мод. 1722
060	Токарна	Розточити центровий отвір до $\varnothing 70$ і 76 мм.	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20

065	Фрезерна	Фрезерувати лиску на виступі шириною 70 мм. Свердлити отвір під заправку мастилом.	Фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК Haas DM-2
070	Фрезерна	Свердлити розвертати отвір під пробку замкового підшипника.	Фрезерно-свердлильний верстат з ЧПК Haas DM-2
075	Контрольна	Контроль виконаних операцій перед гартуванням.	Контрольний пост.
080	Термічна	Гартування, відпуск.	Гартувальна піч, відпускна піч.
085	Дробоструминна	Чистка заготовки від пригару, окалини.	Дробоструминна камера.
090	Контрольна	Контроль твердості заготовки	Пост контролю.
095	Слюсарна	Нарізати різь М8, поправити центрові фаски.	Слюсарний верстак.
100	Шліфувальна	Шліфувати кулькову доріжку.	Круглошліфувальний верстат мод. 3М131
105	Шліфувальна	Шліфувати доріжки під роликові підшипники.	Круглошліфувальний верстат мод. 3М131
110	Токарна	Точити приєднувальні ступені Ø100 і Ø120. Нарізати різьби М125х1,5 і М130х1,5	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20
115	Контрольна	Кінцевий контроль деталі.	Контрольний пост.
120	Консерваційна	Покрити поверхні осі консерваційним мастилом.	Відділення для консервації.

### 1.5.3 Вибір і обґрунтування методів обробки поверхонь

Розглянемо поверхні деталі, їх допуск, розрахункове уточнення та кількість методів обробки, визначимо необхідні дані за формулами:

$E_p = T_z / T_d$  - розрахункове уточнення;

$m = I_d \cdot E_p / 0,46$  - кількість методів обробки.

Таблиця 1.8 – Результати розрахунків зводимо в таблицю

Розмір, мм	Ø134	Ø75	300	Ø113,5	Ø120	Ø100
$T_z$ , мм.	1,92	3,6	5,2	1,92	1,92	1,92
$T_d$ , мм.	1,0	0,3	1,3	0,054	0,22	0,22
$E_p$	1,92	12,0	4,02	35,56	8,73	8,73
$m$	0,61	2,34	1,3	3,37	3,05	2,09

Встановимо попередні методи обробки, враховуючи квалітет точності, параметр шорсткості, керуючись даними [6]. Проведемо розрахунок уточнення для кожного методу та загальне уточнення для всіх методів, враховуючи, що на деяких поверхнях для захисту їх від цементації використано додатковий шар металу товщиною 3 мм.

Проведемо перевірку правильності назначених методів за формулами:

$E_n = E_1 \times E_2 \times \dots \times E_i$  - загальне уточнення для всіх методів;

$E_n > E_p$  - умова правильності вибраної кількості методів.

Таблиця 1.9 – Результати розрахунків оформляємо у вигляді таблиці

№ п/п	Назва поверхні і методи обробки	квалітет	Допус, мм		Уточнення	
			Позначення	величина	формула	значення
1	2	3	4	5	6	7
1	<b>Поверхні Ø134h14</b>	14	T <sub>д</sub>	1000	$E_p = T_3 / T_d$	1,92
	Заготовка		T <sub>за2</sub>	1920	$E_1 = T_3 / T_1$	1,2
	Обточування попереднє	15	T <sub>1</sub>	1600	$E_2 = T_1 / T_2$	1,6
	Обточування чистове	14	T <sub>2</sub>	1000	$E_n = E_1 \times E_2$	1,92
2	<b>Поверхні Ø75<sup>+0,3</sup></b>	12	T <sub>д</sub>	300	$E_p = T_3 / T_d$	12,0
	Заготовка		T <sub>за2</sub>	3600	$E_1 = T_3 / T_1$	4,865
	Розточування попереднє	14	T <sub>1</sub>	740	$E_2 = T_1 / T_2$	2,467
	Розточування чистове	12	T <sub>2</sub>	300	$E_n = E_1 \times E_2$	12,0
3	<b>Поверхні Ø113,5<sub>-0,054</sub></b>	8	T <sub>д</sub>	54	$E_p = T_3 / T_d$	35,56
	Заготовка		T <sub>за2</sub>	1920	$E_1 = T_3 / T_1$	3,56
	Обточування	13	T <sub>1</sub>	540	$E_2 = T_1 / T_2$	6,21
	Шліфування попереднє	9	T <sub>2</sub>	87	$E_3 = T_2 / T_3$	1,61
	Шліфування чистове	8	T <sub>3</sub>	54	$E_n = E_1 \times E_2 \times E_3$	35,59
4	<b>Поверхні Ø120, Ø100d11</b>	11	T <sub>д</sub>	220	$E_p = T_3 / T_d$	8,73
	Заготовка		T <sub>за2</sub>	1920	$E_1 = T_3 / T_1$	2,21
	Обточування попереднє	14	T <sub>1</sub>	870	$E_2 = T_1 / T_2$	2,49
	Обточування пів чистове	12	T <sub>2</sub>	350	$E_3 = T_2 / T_3$	1,591
	Обточування чистове	11	T <sub>3</sub>	220	$E_n = E_1 \times E_2 \times E_3$	8,75
5	<b>Поверхні Ø125, Ø130 h12</b>	12	T <sub>д</sub>	400	$E_p = T_3 / T_d$	4,8
	Заготовка		T <sub>за2</sub>	1920	$E_1 = T_3 / T_1$	1,92
	Обточування попереднє	14	T <sub>1</sub>	1000	$E_2 = T_1 / T_2$	2,5
	Обточування чистове	12	T <sub>2</sub>	400	$E_n = E_1 \times E_2$	4,8
6	<b>Горці 300h14</b>	14	T <sub>д</sub>	1300	$E_p = T_3 / T_d$	4,0
	Заготовка		T <sub>за2</sub>	5200	$E_1 = T_3 / T_1$	2,48
	Обточування попереднє	15	T <sub>1</sub>	2100	$E_2 = T_1 / T_2$	1,62
	Обточування чистове	14	T <sub>2</sub>	1300	$E_n = E_1 \times E_2$	4,0

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

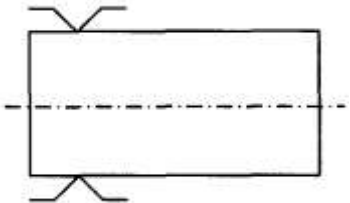
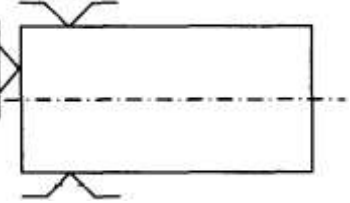
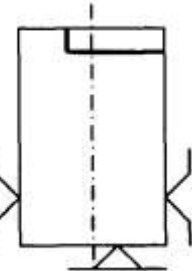
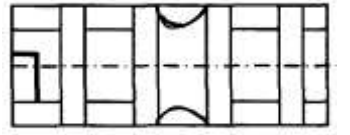
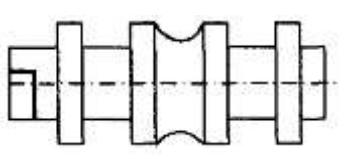
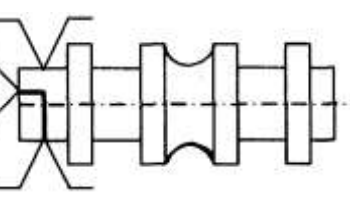
Арк.

21

### 1.5.4 Вибір та обґрунтування технологічних баз

Вибір технологічних баз по кожній операції покажемо в вигляді таблиці.

Таблиця 1.10 – Технологічні бази при виготовленні деталі

№ опер.	Назва операції, зміст переходів	Технологічна база	Ескіз базування заготовки
1	2	3	4
010	Токарна 1. Підрізати торець. 2. Попереднє обточування поверхні. 3. Точіння центр, фаски.	Затиск в патроні по зовнішньому діаметру 140мм.	
015	Токарна 1. Підрізати другий торець. 2. Попереднє обточування поверху. 3. Розточити центр. отвір до Ø80 на глибину 16мм.	Затиск в патроні по попередньо проточеній базі, упорна база - торець осі.	
020	Фрезерна 1. Фрезерувати торець з виступом шириною 70мм. 2. Фрезерувати місце під маркування.	Установочна база - проточена зовнішня поверхня, упорна база - торець осі.	
025 030	Токарна Повне попереднє обточування з двох сторін	Установочна упорна база - центрові фаски.	
050 055	Токарна 1. Точити ступені. 2. Точити технологічні канавки. 3. Точити фаски.	Установочна упорна база - центрові фаски.	
060	Токарна 1. Розточити центральний отвір до Ø75 попередньо. 2. Точити ступені Ø75 кінцево. 3. Точити ступінь до діаметру 76мм.	Установочна база - затиск в патроні, упорна база - торець деталі.	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



### 1.5.5 Вибір методів і засобів технічного контролю

Контроль за якістю продукції здійснюється як на робочому місці так і на проміжних контрольних операціях контролерами відділу якості.

Вибрані засоби технічного контролю приведемо в вигляді таблиці.

Таблиця 1.11 – Засоби технічного контролю

Назва операцій, зміст переходів.	Засоби технічного контролю
1	2
<b>010 Токарна</b> 1. Підрізати торець. 2. Проточити поверху. 3. Точити центр, фаску. 4. Відрізати заготовку.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенглибиномір ШГ-Ш-400 ДСТУ ГОСТ 162:2009 Кутомір 2УМ 0-180 ISO 9001: 2008
<b>015 Токарна</b> 1. Підрізати другий торець. 2. Проточити канавку. 3. Розточити центр. отвір до Ø70мм на глибину 16 мм. 4. Точити центр, фаску.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенциркуль ШЦ-Ш-400 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір 2УМ 0-180 ISO 9001: 2008 Штангенглибиномір ШГ-Ш-400 ДСТУ ГОСТ 162:2009
<b>020 Фрезерна</b> 1. Фрезерувати торець з виступом шириною 70мм. 2. Фрезерувати місце під маркування.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір 2УМ 0-180 ISO 9001: 2008
<b>025, 030 Токарні</b> Повне попереднє обточування осі з двох сторін.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенглибиномір ШГ-Ш-400 ДСТУ ГОСТ 162:2009 Шаблон радіусний МД-7.032
<b>050,055 Токарні</b> 1. Точити ступені. 2. Точити технологічні канавки. 3. Точити фаски.	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Штангенглибиномір ШГ-Ш-400 ДСТУ ГОСТ 162:2009 Шаблон канавочний МД-7.043 Шаблон фасочний МД-7.015
<b>060 Токарна</b> 1. Розточити центральний отвір до Ø75мм. 2. Розточити ступінь до Ø76мм.	Штангенглибиномір ШГ-Ш-400 ДСТУ ГОСТ 162:2009 Нутромір НИ 18-50 СТП 15.11.038 МТУ Індикатор ИЧ 10 СТ СЭВ 3138-81
<b>065 Фрезерна</b> 1. Фрезерувати лиску. 2. Свердлити, розвернути отвір під заправку маслом.	Штангенциркуль ШЦ-I-125 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Кутомір 2УМ 0-180 ISO 9001: 2008
<b>070 Фрезерна</b>	Нутромір НИ 18-50 СТП 15.11.038 МТУ Індикатор ИЧ 10 СТ СЭВ 3138-81

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

24

1. Свердлити отвір Ø30 під пробку замкового підшипника. 2. Розсвердлити отвір Ø30	
<b>100 Шліфувальна</b> 1. Шліфувати поверхню під кульковий підшипник попередньо. 2. Шліфувати поверхню кінцево.	Скоба індикаторна МД-7.12.000 Індикатор ИЧ 10 СТ СЭВ 3138-81 Індикатор 2ИГ 10 ДСТУГОСТ 18833 Скоба (113,7) МД-7.085 Шаблон радіусний МД-7.03 5
<b>105 Шліфувальна</b> 1. Шліфувати поверхні під роликові підшипники. 2. Шліфувати поверхні кінцево.	Мікрометр МК-125-1 ISO9001:2018 Скоба (113,5) МД-7.086 Шаблон канавочний МД-7.035
<b>110 Токарна</b> 1. Точити ступені Ø100 і Ø120мм. 2. Нарізати різьби М125х1,5 і М130х1,5	Мікрометр МК-100-2 ISO9001:2018 Мікрометр МК-125-2 ISO9001:2018 Різьбові профільні калібри - кільця прохідні ПР, непрохідні НЕ на різьби М125х1,5, М130х1,5 ДСТУ ISO 1502:2006

## 1.6 Розробка операційної технології

### 1.6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку та визначення технологічних розмірів

#### 1.6.1.1 Розрахунок припусків на механічну обробку аналітичним методом

Визначимо припуски на поверхні, по яких вибирається заготовка на деталь.

1. Визначимо припуски на поверхню Ø134 h14. Дана поверхня є найбільшим габаритним розміром циліндричної заготовки деталі. Даний розмір мають чотири циліндричні ступені, які обмежують бігові доріжки під роликові і кульковий підшипник.

Маршрутний технологічний процес обробки поверхні Ø134h14:

Обточування попереднє по 15-му квалітету;

Обточування чистове по 14-му квалітету.

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 1.12 – Припуски на поверхню  $\varnothing 134h14$

№ переходу	Назва переходу	Квалітет і поле допуску, мм	Позначення і величина елементів, мкм				
			шорсткість	Товщина деф. шару $T_{\text{деф}}$	Сума просторових похибок, $\rho_i$	Похибка встановлення, $\varepsilon_i$	Допуск розміру, $T_i$
0	Заготовка	1,92	$R_{z0}=120$	$T_{\text{деф}}=200$	$\rho_0=428$	-	1920
1	Точіння попереднє	h15; 1,6	$R_a=12,5$ ( $R_z=60$ )	$T_{\text{деф}}=60$	$\rho_1=26$	-	1600
2	Точіння чистове	h14; 1,0	$R_a=6,3$ ( $R_z=32$ )	$T_{\text{деф}}=30$	$\rho_2=0$	$\varepsilon_2=0$	1000

Товщину дефектного шару приймаємо по ([7] ст.63).

Сумарне просторове відхилення вихідної заготовки визначаємо по формулі:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_u^2}$$

де  $\rho_k = \Delta_k \cdot L_k$  - величина кривизни;

$\Delta_k = 0,07$  мкм/мм [7] ст.66.

$L_k = 300$  мм;

$\rho_k = 0,07 \cdot 300 = 21$  мкм.

$\rho_u = 0,25 \cdot \sqrt{\delta^2 + 1}$  – величина зміщення осі в результаті похибки центрування;

$\delta$  - допуск базової поверхні заготовки.

При базуванні по зовнішньому діаметру труби.  $\delta = 1,92$  мм.

$$\rho_u = 0,25 \cdot \sqrt{1,92^2 + 1} = 0,427 \text{ мм};$$

Тоді  $\rho_0 = \sqrt{21^2 + 427^2} = 427,5 \approx 428$  мкм;

Просторові похибки механічної обробки:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 428 = 25,7 \approx 26 \text{ мкм};$$

$\rho_2=0$  - похибка встановлення при обробці в центрах.

Величину дефектного шару після механічної обробки беремо по ([7] ст.66).

Визначимо величини номінальних проміжних припусків на кожний технологічний перехід:

$$2\Pi_{1\text{ном}} = 2(R_{z0} + T_{0\text{деф}} + \rho_0) + T_0 + T_1;$$

$$2\Pi_{1\text{ном}} = 2(120 + 200 + 428) + 1920 + 1600 = 1816 \text{ мкм};$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$2\Pi_{2\text{ном}} = 2(R_{z1} + T_{1\text{деф}} + \rho_1) + T_1 + T_2;$$

$$2\Pi_{2\text{ном}} = 2(60 + 60 + 26) + 1600 + 1000 = 892 \text{ мкм};$$

$$\text{Сумарний припуск: } 2\Pi_{\text{сум}} = 1,816 + 0,892 = 2,708 \text{ мм}.$$

Оскільки розподіл. Поля допуску виконавчого розміру проходить в системі вала, то номінальний припуск є одночасно і мінімальним припуском  $\Pi_{\text{min}}$ .

Визначимо значення максимального припуску:

$$2\Pi_{2\text{ном}} = 2\Pi_{2\text{min}} + T_1 + T_2 = 0,892 + 1,6 + 1,0 = 3,492 \text{ мм} = 3492 \text{ мкм};$$

Тоді проміжні розрахункові розміри на даній поверхні:

Попереднє точіння:

$$D_{1\text{min}} = D_{2\text{max}} + 2\Pi_{2\text{min}} = 134 + 0,892 = 134,892 \text{ мкм};$$

$$D_{1\text{max}} = D_{1\text{min}} + 2\Pi_{2\text{max}} = (134 - 1,0) + 3,492 = 136,492 \text{ мкм};$$

Покажемо розрахункову схему виконавчих розмірів поверхні  $\varnothing 135h14$  на рисунку 1.1.

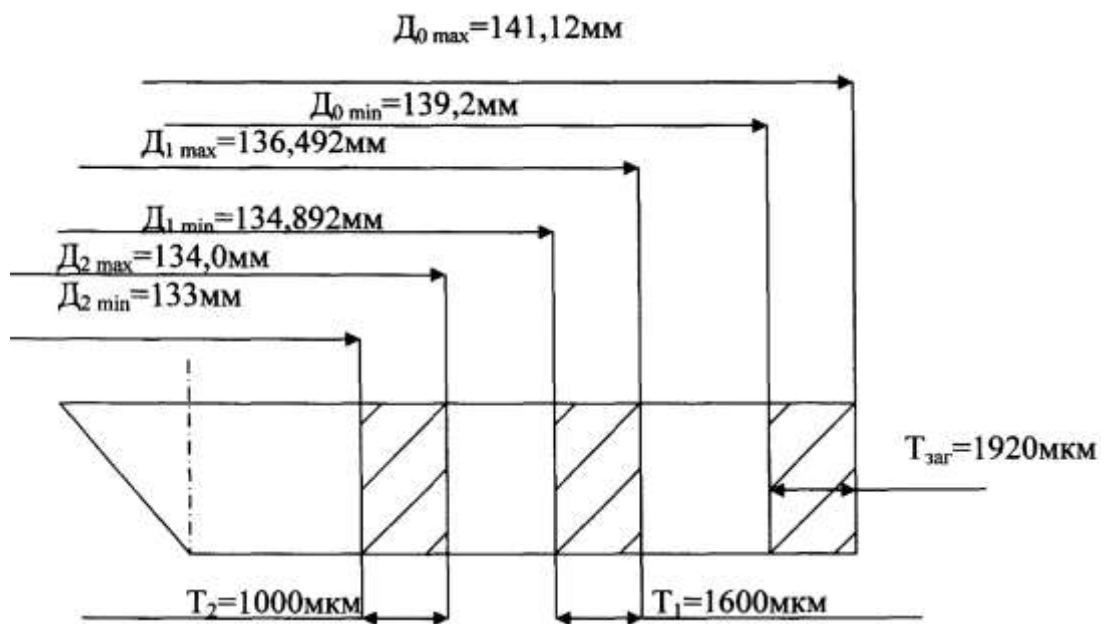


Рисунок 1.1

2 Визначити припуски на поверхню  $\varnothing 75^{+0,3}$ . Дана поверхня є найменшим значенням внутрішнього центрального отвору в готовій деталі, тобто розмір труби напряму залежить від розміру даної поверхні.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Маршрутний технологічний процес обробки поверхні  $\varnothing 75^{+0,3}$ :

Розточування попереднє по 14-му квалітету;

Розточування чистове по 12-му квалітету.

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

Таблиця 1.13 – Припуски на поверхню  $\varnothing 75^{+0,3}$

№ переходу	Назва переходу	Квалітет і поле допуску, мм	Позначення і величина елементів, мкм			
			шорсткість	Товщина деф. шару $T_{\text{деф}}$	Сума просторових похибок, $\rho_i$	Допуск розміру, $T_i$
0	Заготовка	1,92	$R_{z0}=120$	$T_{\text{деф}}=200$	$\rho_0=428$	1920
1	Розточування попереднє	h14; 0,74	$R_a=12,5$ ( $R_z=60$ )	$T_{\text{деф}}=60$	$\rho_1=26$	740
2	Розточування чистове	h12; 0,3	$R_a=6,3$ ( $R_z=32$ )	$T_{\text{деф}}=30$	$\rho_2=2,0$	300

Визначимо величини номінальних проміжних припусків на кожний технологічний перехід:

$$2\Pi_{1\text{ном}}=2(R_{z0}+T_{0\text{деф}}+\rho_0) + T_0 - T_1;$$

$$2\Pi_{1\text{ном}} = 2(120 + 200 + 428) + 1920 - 740 = 2676 \text{ мкм};$$

$$2\Pi_{2\text{ном}}=2(R_{z1}+T_{1\text{деф}}+\rho_1) + T_1 - T_2;$$

$$2\Pi_{2\text{ном}} = 2(60 + 60 + 26) + 740 - 300 = 732 \text{ мкм};$$

Сумарний припуск:  $2\Pi_{\text{сум}}=2,676+0,732=3,408 \text{ мм}$ .

Оскільки розподіл. Поля допуску виконавчого розміру проходить в системі отвору, то номінальний припуск є одночасно і мінімальним припуском  $\Pi_{\text{min}}$ .

Визначимо значення максимального припуску:

$$2\Pi_{2\text{max}} = 2\Pi_{2\text{min}} + T_1 + T_2 = 732 + 740 + 300 = 1770 \text{ мкм};$$

Тоді проміжні розрахункові розміри на даній поверхні:

Попереднє розточування:

$$D_{1\text{min}} = D_{2\text{max}} - 2\Pi_{2\text{min}} = (750,3) - 1,77 = 73,53 \text{ мкм};$$

$$D_{1\text{max}} = D_{2\text{min}} - 2\Pi_{2\text{max}} = 75 - 0,73 = 74,27 \text{ мкм};$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Покажемо розрахункову схему виконавчих розмірів поверхні  $\varnothing 75^{+0,3}$  на рисунку 1.2.

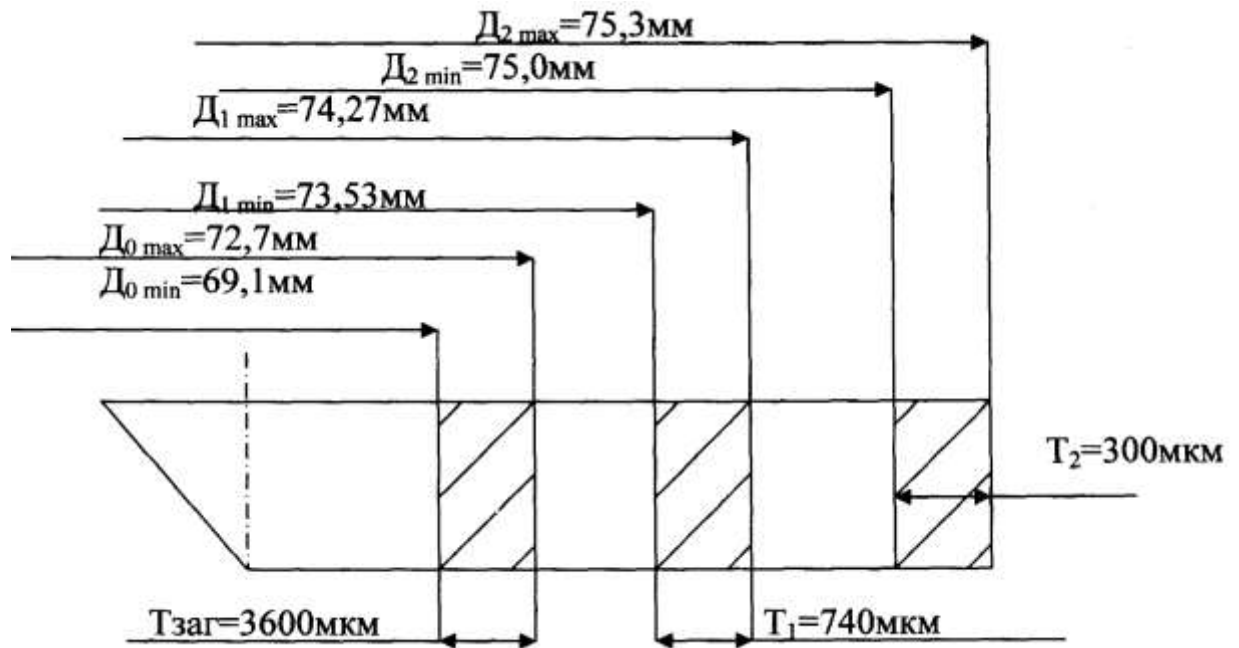


Рисунок 1.2

3. Визначимо припуск на довжину заготовки розмір  $300h14$ .

Маршрутний технологічний процес обробки торців в розмір  $300h14$ :

Обточування попереднє по 15-му квалітету.

Обточування чистове по 14-му квалітету.

Результати розрахунку зводимо в таблицю.

Таблиця 1.14 – Припуски на поверхню  $300h14$

№ переходу	Назва переходу	Квалітет і поле допуску, мм	Позначення і величина елементів, мкм			
			шорсткість	Товщина деф. шару $T_{ідеф}$	Сума просторових похибок, $\rho_i$	Допуск розміру, $T_i$
0	Заготовка	5,2	$R_{z0}=120$	$T_{ідеф}=250$	$\rho_0=427$	5200
1	Точіння попереднє	$h15; 2,1$	$R_{z1}=60$	$T_{ідеф}=60$	$\rho_1=26$	2100
2	Точіння чистове	$h14; 1,3$	$R_{z2}=20$	$T_{ідеф}=30$	$\rho_2=3$	1300

Значення висоти нерівностей  $R_z$  при різці відрізним різцем  $R_{z0}$  приймаємо по [7] ст. 67.

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_k^2 + \rho_y^2}$$

де  $\rho_k = \Delta_k \cdot L_k$  - величина кривизни;

$\Delta_k = 0,07$  мкм/мм ([7] ст.66).

$L_k = 200$  мм - віддаль від січення, для якого визначають кривизну. До місця кріплення при консольній обробці;

$$\rho_k = 0,07 \cdot 200 = 14 \text{ мкм.}$$

Тоді  $\rho_0 = \sqrt{14^2 + 427^2} = 427.2$  мкм;

Просторові похибки механічної обробки:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_0 = 0,06 \cdot 427 \approx 26 \text{ мкм;}$$

$$\rho_2 = 0,1 \cdot \rho_1 = 0,1 \cdot 26 = 2,6 \text{ мкм.}$$

Визначимо величину номінальних проміжних припусків на технологічних переходах:

$$2\Pi_{1\text{ном}} = 2(R_{z0} + T_{0\text{деф}} + \rho_0) + T_0 - T_1;$$

$$2\Pi_{1\text{ном}} = 2(200 + 250 + 427) + 5200 - 2100 = 4854 \text{ мкм;}$$

$$2\Pi_{2\text{ном}} = 2(R_{z1} + T_{1\text{деф}} + \rho_1) + T_1 - T_2;$$

$$2\Pi_{2\text{ном}} = 2(60 + 60 + 26) + 2100 - 1300 = 1092 \text{ мкм;}$$

Сумарний припуск:  $2\Pi_{\text{сум}} = 4854 + 1092 = 5946$  мм.

Максимальний припуск

$$2\Pi_{2\text{max}} = 2\Pi_{2\text{min}} + T_1 + T_2 = 1092 + 2100 + 1300 = 4492 \text{ мкм;}$$

Тоді проміжні розрахункові розміри на даній поверхні:

$$L_{1\text{min}} = L_{2\text{max}} + 2\Pi_{2\text{min}} = 300 + 1.092 = 301.092 \text{ мкм;}$$

$$L_{1\text{max}} = L_{2\text{min}} + 2\Pi_{2\text{max}} = (300 - 1.3) + 4.492 = 303.192 \text{ мкм;}$$

Покажемо розрахункову схему виконавчих розмірів поверхні 300h14 на рисунку 1.3.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

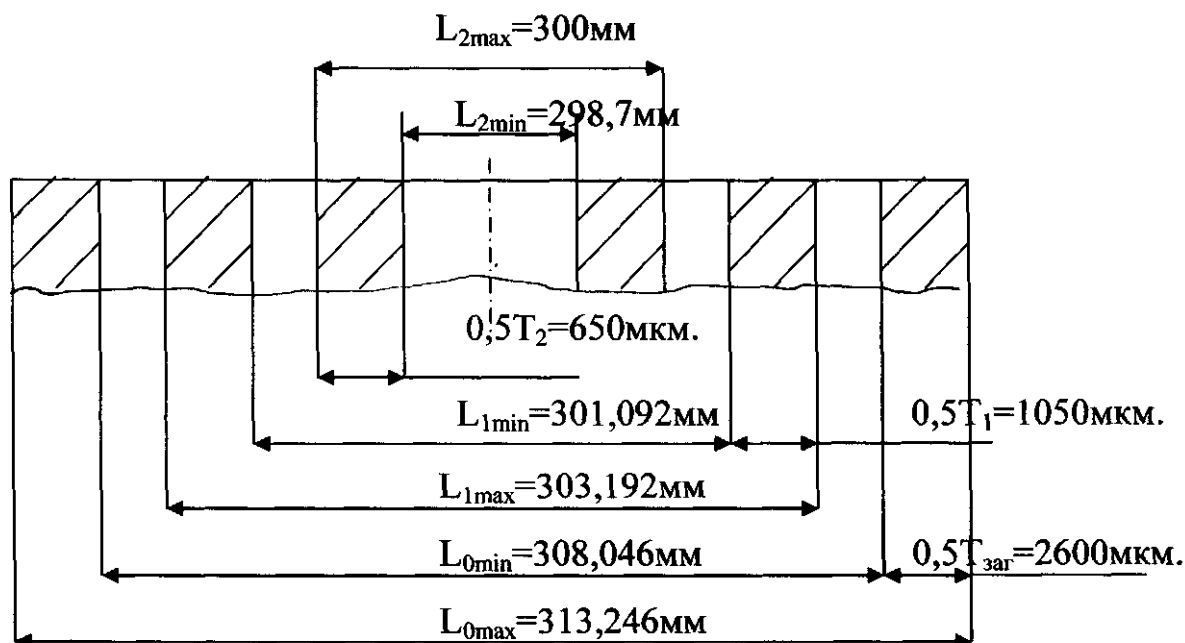


Рисунок 1.3

### 1.6.1.2 Визначення припусків табличним методом

Значення припусків вибираємо по таблицях літератури [3]. Вибрані значення зводимо в таблицю.

Таблиця 1.15 – Припуски на виготовлення деталі

Поверхня	Квалітет, допуск	Шорсткість	Припуск, мм		Розрахуй розмір, мм	
			min	max	min	max
<b>Поверхня <math>\varnothing 113,5_{-0,054}</math></b>						
Обточування чорнове	h15; 1,4	12,5	–	–	117,89	119,29
Обточування чистове	h13; 0,54	6,3	1,8	2,69	113,707	114,45
Шліфування попереднє	h9; 0,087	2,5	0,10	0,415	113,62	113,70
Шліфування кінцеве	h8; 0,054	1,25	0,06	0,13	113,446	113,5
<b>Поверхня <math>\varnothing 100_{d11}</math></b>						
Обточування попереднє	h14; 0,87	12,5	–	–	101,03	101,9
Обточування півчистове	h12; 0,35	6,3	0,25	0,86	100,18	100,53
Обточування чистове	h11; 0,22	3,2	0,15	0,435	99,66	99,88
<b>Поверхня <math>\varnothing 125_{h12}</math></b>						
Заготовка	1,6	25	–	–	134,89	136,49
Обточування попереднє	h14; 1,0	12,5	1,145	5,445	125,6	126,6
Обточування чистове	h12; 0,4	6,3	0,3	1,0	124,6	125,0
<b>Поверхня <math>\varnothing 120_{d11}</math></b>						
Обточування попереднє	h14; 0,87	12,5	–	–	121,03	121,9

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

31

Обточування півчистове	h12; 0,35	6,3	0,25	0,86	120,18	120,53
Обточування чистове	h11; 0,22	3,2	0,15	0,435	119,66	119,88
<b>Поверхня Ø130h12</b>						
Заготовка	1,6	25	–	–	134,89	136,49
Обточування попереднє	h14; 1,0	12,5	1,645	2,945	130,6	131,6
Обточування чистове	h12; 0,4	6,3	0,3	1,0	129,6	130
<b>Поверхня Ø113,7-0,054</b>						
Обточування чорнове	h15; 1,4	12,5	–	–	118,247	119,647
Обточування чистове	h13; 0,54	6,3	1,8	2,79	114,107	114,647
Шліфування попереднє	h9; 0,087	2,5	0,10	0,414	113,82	113,907
Шліфування кінцеве	h8; 0,054	1,25	0,06	0,13	113,646	113,7

Припуски на чорнову обробку заготовки визначені.

Тільки для розмірів, значення яких співрозмірне зі значенням діаметра заготовки. Для інших розмірів припуски знімаються за декілька проходів інструменту на одній операції, і це враховано при визначенні часу обробки в розрахунку режимів різання.

## 1.6.2 Визначення режимів різання та уточнення моделей верстатів

### 1.6.2.1 Розрахунок режимів різання аналітичним методом на операцію 010

#### Операція 010 Токарна

Переходи:

- 1 Встановити, закріпити зняти деталь.
- 2 Підрізати торець начисто.
- 3 Попередньо проточити поверху до  $\varnothing 136,5_{-1,6}$  на довжину  $160 \pm 2$  мм.
- 4 Точити центрову фаску  $30^\circ$  діаметра 78,5 мм.
- 5 Відрізати заготовку, ширина різку 6 мм. Довжина різання - товщина стінки труби  $S=36$  мм.

Обладнання: токарно-труборізний верстат мод. 1Н983.

Різальний інструмент:

Різець токарний відігнутий по ДСТУ ГОСТ 18874:2008, пластина - Т5К10.

Різець токарний прохідний прямий по ДСТУ ГОСТ 18869 матеріал пластини Т5К10.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різець токарний відрізний 2130-0521 ДСТУ ГОСТ 18874.

Вимірний інструмент: Штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018  
Штангенглибиномір ШГ-II-400 ДСТУ ГОСТ 162:2009

Кутомір 2УМО-180 ISO 9001: 2008

Розрахуємо режими різання:

### Перехід 2.

Підрізається торець труби з діаметра 140мм до діаметра 68мм.

Припуск на обробку (сумарний)  $h_{\text{сум}}=2,97\text{мм}$ , припуск на попереднє точіння  $h_1=2,43\text{мм}$ , припуск на чистове точіння  $h_2=0,54\text{мм}$ . Шорсткість поверхні при попередньому точінні  $R_{a1}=12,5\text{мкм}$ , при чистовому точінні  $R_{a2}=6,3\text{мкм}$ .

Глибина різання:

$t=h$ ;  $t_1=2,43\text{ мм}$ ;  $t_2=0,54\text{ мм}$ ;

Подача різання:

Згідно рекомендацій [3] 58  $S_{o1}=0,81\text{мм/об}$ ;  $S_{o2}=0,81\text{мм/об}$ ;

Коректуємо вибрані значення по паспорту верстата і кінцево приймаємо:  
 $S_{o1}=0,8\text{мм/об}$ ;  $S_{o2}=0,6\text{ мм/об}$ .

Стійкість інструменту:

При одноінструментальній обробці  $T=30\div 60\text{хв}$ . [3] ст.70. Приймаємо  $T=60\text{хв}$ .

Визначаємо швидкість головного руху різця, допустиму різальними властивостями різця.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} K_V$$

Коефіцієнт і показники степенів приймаємо згідно рекомендацій [3] ст. 70.

$C_{v1}=340$ ;  $C_{v2}=350$ ;  $x_1=x_2=0,15$ ;  $y_1=0,45$ ;  $m=0,20$

Коефіцієнт  $K_V$  є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу інструменту  $K_{MV}$ ,

Для сталі

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

$K_r=0,8$ ;  $n_v=1,0$ ; [3] ст 70

					БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\sigma_B = 680$  МПа;

$$K_{MV} = 0.8 \left( \frac{750}{680} \right)^1 = 0.88$$

$K_{nv} = 0.9$  - для прокату

$K_{nv} = 0.65$

Тоді  $K_v = 0.88 \cdot 0.9 \cdot 0.65 = 0.51$

$$V_1 = \frac{340}{60^{0.2} \cdot 2.43^{0.15} \cdot 0.8^{0.45}} \cdot 0.51 = 74 \text{ м/хв.};$$

$$V_2 = \frac{350}{60^{0.2} \cdot 0.54^{0.15} \cdot 0.6^{0.35}} \cdot 0.51 = 103 \text{ м/хв.};$$

Частота обертання шпинделя по паспортних даних верстату.

$n_{d1} = 160 \text{ хв}^{-1}$ ;  $n_{d2} = 250 \text{ хв}^{-1}$ .

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_d = \pi \cdot D \cdot n_d / 1000;$$

$$V_{d1} = \pi \cdot 140 \cdot 160 / 1000 = 70,3 \text{ м/хв};$$

$$V_{d2} = \pi \cdot 140 \cdot 250 / 1000 = 109,9 \text{ м/хв};$$

Потужність, що затрачується на різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60};$$

де  $P_z$  - сила різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p$$

Згідно [3] ст 72

$C_p = 300$ ;  $x_p = 1,0$ ;  $y_p = 0,75$ ;  $n_p = -0,15$ .

Поправочний коефіцієнт сили різання:  $K_p = K_{tp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}$ ;

де  $K_{tp} = \left( \frac{\sigma}{750} \right)^{n_p} = \left( \frac{680}{750} \right)^{0.75} = 0.93$  - поправочний коефіцієнт враховуючий силу різання;

$K_{\varphi p} = 0.89$  - поправочний коефіцієнт враховуючий головний кут в плані;

$K_{\lambda p} = 1.0$  - поправочний коефіцієнт враховуючий кут нахилу кромки;

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\gamma p} = 1.0$  - поправочний коефіцієнт враховуючий кут нахилу задньої частини різця;

$$K_{\gamma r} = 0.93$$

$$K_p = 0.93 \cdot 0.89 \cdot 1.0 \cdot 1.0 \cdot 0.93 = 0.77$$

визначимо силу різання, Н:

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 2.43^{1.0} \cdot 0.8^{0.75} \cdot 70.3^{-0.15} \cdot 0.77 = 2509 \text{ Н}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 300 \cdot 0.54^{1.0} \cdot 0.6^{0.75} \cdot 109.9^{-0.15} \cdot 0.77 = 420 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання:

$$N_1 = \frac{250.9 \cdot 70.3}{102 \cdot 60} = 2.88 \text{ кВт}$$

$$N_2 = \frac{42 \cdot 109.9}{102 \cdot 60} = 0.75 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 13 \cdot 0.75 = 9.75 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

Тобто обробка можлива. Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0} \text{ хв.}$$

де  $L = \frac{D-d}{2} + y + \Delta$  - довжина робочого ходу інструменту

$l = 90$  мм - довжина робочого переходу

$y_1 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 2.435 \cdot \text{ctg} 45 = 2.43$  мм;  $y_2 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 0.54 \cdot \text{ctg} 45 = 0.54$  мм;

$\Delta = 2$  мм - величина перебігу

$i = 1$  - число переходів

$$L_1 = L_2 = \frac{140 - 68}{2} + 2.43 + 2 = 40.43 \text{ мм.}$$

$$T_{01} = \frac{40.43 \cdot 1}{168 \cdot 0.8} = 0.3 \text{ хв.};$$

$$T_{02} = \frac{40.43 \cdot 1}{234 \cdot 0.6} = 0.29 \text{ хв.}$$

$$T_0 = T_{01} + T_{02} = 0.3 + 0.29 = 0.59 \text{ хв}$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Перехід 3

Заготовка проточується з діаметра 140мм до діаметра 136,5 мм на довжину 160 мм.

Глибина різання:

Припуск на обробку знімаємо за один прохід.

$$t = (D-d) / 2 = (140-136,5) / 2 = 1,75 \text{ мм};$$

Подача різання:

Згідно рекомендацій [3] ст 70  $S_0 = 0,8 \div 1 \text{ мм/об}$ ;

Коректуємо вибрані значення по паспорту верстата і кінцево приймаємо:  $S_0 = 1 \text{ мм/об}$ .

Стійкість інструменту:  $T=60 \text{ хв}$ . [3] ст.71.

Визначаємо швидкість головного руху різання.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} K_V$$

$K_V = 0,88 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,51$  (визначили раніше).

$C_V=340$ ;  $x=0,15$ ;  $y=0,45$ ;  $m=0,20$ .

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,75^{0,15} \cdot 1,0^{0,45}} 0,51 = 70,3 \text{ м/хв.};$$

Частота обертання шпинделя, що відповідає розрахунковій частоті головного руху різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 70,3}{\pi \cdot 140} = 159,8 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 160 \text{ хв}^{-1}$ ;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_d}{1000} = \frac{\pi \cdot 140 \cdot 160}{1000} = 70,4 \text{ м/хв.};$$

Потужність, що затрачується на різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60};$$

де  $P_z$  - сила різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S^{yp} \cdot V^{np} \cdot K_p$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Згідно [3] ст 74.

$C_p=300$ ;  $x_p=1,0$ ;  $y_p=0,75$ ;  $n_p=-0,15$ .

$K_p = 0,77$  (визначили раніше)

$P_z = 9,81 \cdot 300 \cdot 1,75^{1,0} \cdot 1^{0,75} \cdot 70,4^{-0,15} \cdot 0,77 = 2136 \text{ Н}$ ;

Визначимо потужність різання:

$$N = \frac{213,6 \cdot 70,4}{102 \cdot 60} = 2,46 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 13 \cdot 0,75 = 9,75 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

Тобто обробка можлива. Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0} \text{ хв.}$$

де  $L = l + y + \Delta$  - довжина робочого ходу інструменту

$l=160$  мм - довжина робочого переходу

$y=t \cdot \text{ctg}\varphi = 1,75 \cdot \text{ctg}45 = 1,75$  мм;

$\Delta=0$  мм - величина перебігу

$i=1$  - число переходів

$$L=160+1=161 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{161 \cdot 1}{160 \cdot 1} = 1,0 \text{ хв;}$$

#### Перехід 4

Точиться фаска з діаметра 78,5 мм під кутом 30° на вихід. Покажемо дану фаску на рисунку.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

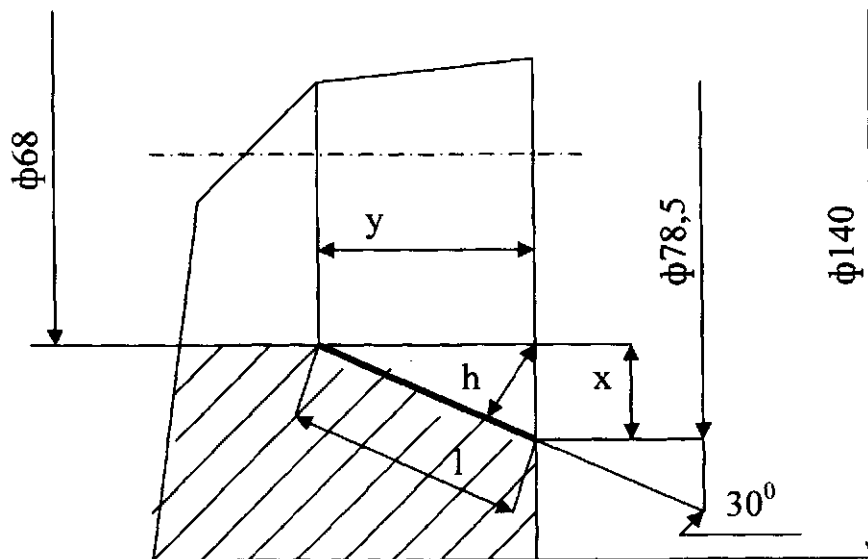


Рисунок 1.4

$$x = 0,5(78,5 - 68) = 5,25 \text{ мм}; y = x \cdot \text{ctg}30^\circ = 9,1 \text{ мм}; l = \sqrt{x^2 + y^2} = 10,5 \text{ мм};$$

Найбільша глибина різання:

$$h_{\max} = y \cdot \sin 30^\circ = 4,55 \text{ мм};$$

Приймаємо, що глибина різання  $t = 4 \text{ мм}$ .

Фаску проточуємо за один прохід.

Подача різання:

Згідно рекомендацій [3] ст 74  $S_0 = 0,5 \div 1,1 \text{ мм/об}$ ;

Коректуємо вибрані значення по паспорту верстата і кінцево приймаємо:  
 $S_0 = 0,8 \text{ мм/об}$ ;

Стійкість інструменту:  $T = 60 \text{ хв}$ . [3] ст.70

Визначаємо швидкість головного руху різання.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} K_V$$

$K_V = 0,88 \cdot 0,9 \cdot 0,65 = 0,51$  (визначили раніше).

$C_V = 340$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $m = 0,20$ .

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 4,0^{0,15} \cdot 0,8^{0,45}} \cdot 0,51 = 68,7 \text{ м/хв.};$$

Частота обертання шпинделя, що відповідає розрахунковій частоті головного руху різання.

Частота обертання шпинделя, що відповідає розрахунковій частоті головного руху різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 68.7}{\pi \cdot 78.5} = 278.4 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 250 \text{ хв}^{-1}$ ;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\delta}{1000} = \frac{\pi \cdot 78.5 \cdot 250}{1000} = 61.65 \text{ м/хв.};$$

Потужність, що затрачується на різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60};$$

де  $P_z$  - сила різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p$$

Згідно [3] ст73

$C_p=300$ ;  $x_p=1,0$ ;  $y_p=0,75$ ;  $n_p=-0,15$ .

$K_p = 0,77$  (визначили раніше)

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4^{1,0} \cdot 0.8^{0.75} \cdot 61.65^{-0.15} \cdot 0.77 = 3210 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання:

$$N = \frac{321 \cdot 61.65}{102 \cdot 60} = 3.23 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 13 \cdot 0,75 = 9,75 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

Тобто обробка можлива. Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0} \text{ хв.}$$

де  $L = l + y + \Delta$  - довжина робочого ходу інструменту

$l=10,5$  мм - довжина робочого переходу

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = t \cdot \operatorname{ctg} \varphi = 4 \cdot \operatorname{ctg} 45 = 4 \text{ мм};$$

$\Delta = 2$  мм - величина перебігу

$i = 1$  - число переходів

$$L = 10,5 + 4 + 2 = 16,5 \text{ мм.}$$

$$T_0 = \frac{16,5 \cdot 1}{250 \cdot 0,8} = 0,08 \text{ хв};$$

### Перехід 5

Відрізати заготовку

Глибина різання.

$$t = 6 \text{ мм.}$$

Подача різання:

Згідно рекомендацій [3] ст 73  $S_0 = 0,18 \div 0,26$  мм/об;

Коректуємо вибрані значення по паспорту верстата і кінцево приймаємо:  
 $S_0 = 0,2$  мм/об;

Стійкість інструменту:  $T = 60$  хв. [3] ст. 74.

Визначаємо швидкість головного руху різання.

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S_0^y} K_V$$

$$K_V = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}.$$

$$K_{mv} = 0,88; K_{nv} = 0,9; K_{uv} = 1,0 [3],.$$

$$K_V = 0,88 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,792.$$

$$C_V = 47; x = 0; y = 0,8; m = 0,20.$$

$$V = \frac{47}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,8}} 0,792 = 59,5 \text{ м/хв.};$$

Частота обертання шпинделя, що відповідає розрахунковій частоті головного руху різання.

Частота обертання шпинделя, що відповідає розрахунковій частоті головного руху різання.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 59,5}{\pi \cdot 136,5} = 138,7 \text{ хв}^{-1}$$

					БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 125 \text{ хв}^{-1}$ ;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{\pi \cdot 136.5 \cdot 125}{1000} = 53.6 \text{ м/хв.};$$

Потужність, що затрачується на різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{102 \cdot 60};$$

де  $P_z$  - сила різання.

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^{x_p} \cdot S^{y_p} \cdot V^{n_p} \cdot K_p$$

Згідно [3] ст 73

$C_p=247$ ;  $x_p=1,0$ ;  $y_p=1,0$ ;  $n_p=0$ .

$$K_{pz} = K_{Mpz} \cdot K_{\varphi pz} \cdot K_{\gamma pz} \cdot K_{\lambda pz} \cdot K_{I pz}.$$

$K_{Mpz} = 0,93$ ,  $K_{\varphi pz} = 1,08$ ,  $K_{\gamma pz} = 1,0$ ,  $K_{\lambda pz} = 1,0$ ,  $K_{I pz} = 0,93$  [3], ст 74.

$$K_{pz} = 0,93 \cdot 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,93.$$

$$P_z = 10 \cdot 247 \cdot 6^{1,0} \cdot 0,2^{1,0} \cdot 53,6^0 \cdot 0,93 = 2757 \text{ Н}$$

Визначимо потужність різання:

$$N = \frac{275,7 \cdot 53,6}{102 \cdot 60} = 2,4 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 13 \cdot 0,75 = 9,75 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

Тобто обробка можлива. Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0} \text{ хв.}$$

де  $L = l = 36 \text{ мм}$  - довжина робочого ходу інструменту

$i=1$  - число переходів

$$T_0 = \frac{36 \cdot 1}{125 \cdot 0,2} = 1,44 \text{ хв};$$

Сумарний основний час на операцію 010

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o=0,59+1+0,08+1,44=3,11 \text{ хв.}$$

### 1.6.2.2 Вибір режимів різання табличним методом

#### Операція 015 Токарна

Переходи:

- 1 Встановити, закріпити зняти деталь.
- 2 Підрізати торець начисто.
- 3 Розточити центровий отвір з діаметра 68 до діаметра 80 мм на глибину 16мм.
- 4 Проточити поверху до  $\varnothing 136,5_{-1,6}$  на довжину 150 мм (на вихід).
- 5 Точити центрову фасу  $30^\circ$  з діаметра 78,5 мм.

Обладнання: токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20.

Різальний інструмент:

Різець токарний прохідний відігнутий по ДСТУ ГОСТ 18874:2008 матеріал пластини Т5К10.

Різець токарний прохідний прямий по ГОСТ 18869 матеріал пластини Т5К10.

Різець токарний прохідний упорний по ГОСТ 18869 матеріал пластини Т5К10.

Вимірний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-250 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Штангенциркуль ШЦ-III-400 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Штангенглибиномір ШГ-II-250 ДСТУ ГОСТ 162:2009

Режими різання для переходів 2, 4 і 5 приймаємо з попереднього розрахунку:

#### Перехід 2.

$$t_1 = 2,43 \text{ мм}; t_2 = 0,54 \text{ мм}; S_{o1}=0,8 \text{ мм/об}; S_{o2}=0,6 \text{ мм/об};$$

$$n_1 = 160 \text{ хв}^{-1}; n_2 = 250 \text{ хв}^{-1}; V_1 = 10,3 \text{ м/хв.}; V_2 = 109,9 \text{ м/хв.};$$

$$N_{piz1} = 2,88 \text{ кВт}; N_{piz2} = 0,75 \text{ кВт};$$

$$T_{o1} = 0,3 \text{ хв.}; T_{o2} = 0,29 \text{ хв.}; T_{ocum} = 0,59 \text{ хв.}$$

#### Перехід 4.

$$t = 1,75 \text{ мм}; S_o=1,0 \text{ мм/об}; n = 160 \text{ хв}^{-1}; V = 70,4 \text{ м/хв.}; N_{piz} = 3,23 \text{ кВт}; T_o = 0,08 \text{ хв.}$$

#### Перехід 5.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t = 4,0$  мм;  $S_o = 0,8$  мм/об;  $n = 250$  хв<sup>-1</sup>;  $V = 61,65$  м/хв.;  $N_{\text{різ}} = 3,23$  кВт;  $T_o = 0,08$  хв.

Виберемо режими різання для **переходу 3**.

Глибина різання  $t = 16$  мм.

Приймаємо виконання даного переходу за 4 проходів.

Глибина різання по кожному переході  $t_1 = 4$  мм.

Подача різання:

$S_o = 0,4$  мм/об [5] ст 52

Дане значення є в паспорті верстату:

Швидкість різання.

$V = 90$  м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 90}{\pi \cdot 80} = 358 \text{ хв}^{-1}$$

$D = D_{\text{max}} = 80$  мм

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 315$  хв<sup>-1</sup>;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{\pi \cdot 80 \cdot 315}{1000} = 79.1 \text{ м/хв.};$$

Потужність, що затрачається на різання.

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot \frac{V_o}{100} \cdot K_7$$

$N_{\text{табл}} = 6,6$  кВт [5], ст. 56.

$K_7 = 0,7$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, що обробляється. Значення приймаємо по [5] ст.60

$$N_{\text{різ}} = 6.6 \cdot \frac{79.1}{100} \cdot 0.7 = 3.65 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

Тобто обробка можлива. Визначаємо основний час на переході:

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{n \cdot S_0} \text{ хв.}$$

Довжина робочого ходу  $L = l + y + \Delta$

$l = (80 - 68) / 2 = 6$  мм - довжина робочого переходу

$y = \Delta = 0$ ;

$i = 4$  - число переходів

$$T_0 = \frac{6 \cdot 4}{315 \cdot 0.4} = 0.2 \text{ хв.};$$

Сумарний основний час на операцію 015

$$T_{\text{осум}} = 0,59 + 1 + 0,08 + 0,2 = 1,87 \text{ хв.}$$

### Операція 020 Фрезерна

Переходи:

- 1 Встановити, закріпити зняти деталь.
- 2 Фрезерувати попередньо торець заготовки, залишаючи виступ.
- 3 Фрезерувати кінцево торець заготовки.
- 4 Фрезерувати паз під маркування.

Обладнання: Вертикально-фрезерний верстат мод. 6P13Ф3 з ЧПК.

Різальний інструмент:

Фреза торцева  $\varnothing 100$  ДСТУ ГОСТ 22087:2008 матеріал пластини Т5К10.

Фреза кінцева  $\varnothing 15$  ДСТУ ГОСТ 18937:2008.

Допоміжний інструмент:

Оправка 6222-0136 СТ СЭВ 4641-84

Оправка-видовжувач МД-2.14.000.

Втулка 50-3 ОСТ 2.12-7-84.

Вимірний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

Кутомір 2УМ0-180 ISO 9001: 2008

### Перехід 2

Глибина різання  $t = 5$  мм.

Ширина різання (найбільша) – 85 мм.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подача різання:

$$S_z = 0.1 \div 0.18 \text{ мм/зуб} - [5] \text{ ст.63.}$$

Приймаємо  $S_z = 0,1 \text{ мм/зуб}$ ;

Швидкість різання.  $V = 250 \text{ м/хв.}$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 250}{\pi \cdot 100} = 796 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 800 \text{ хв}^{-1}$ ;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 800}{1000} = 251 \text{ м/хв.};$$

Хвилинна подача

$$S_{хв} = S_z \cdot z \cdot n = 0.1 \cdot 10 \cdot 800 = 800 \text{ мм/хв.}$$

Потужність, що затрачується на різання:

$$N_{різ} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z}{100} \cdot K_{10}$$

$K_{10} = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує вплив та потужність різання інструмент-тального матеріалу та матеріалу заготовки.

$E = 0,6$  - табличне значення показника потужності. [5] ст.63.

$$N_{різ} = 0.6 \cdot \frac{251 \cdot 5 \cdot 10}{100} \cdot 0.9 = 6.8 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{різ \max} = N_{різ} < N_{шп}$$

Тобто обробка можлива.

Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S_{хв}}, \text{ хв}$$

Довжина робочого ходу:  $L = l + y + \Delta$

$$L = 276,5 + 30 + 5 = 311,5 \text{ мм};$$

$$y = 0,3 \cdot D = 30 \text{ мм};$$

$$l = 136,5 + 100 + 20 + 20 = 276,5 \text{ мм};$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$\Delta = 5$  мм;

$i = 3$  – кількість переходів.

$$T_0 = \frac{311,5 \cdot 3}{800} = 1,17, \text{ хв}$$

### Перехід 3

Чистове фрезерування торця заготовки.

Глибина різання  $t = 1$  мм.

Ширина різання (найбільша) – 85 мм.

Подача різання:

$S_z = 0,15 \div 0,2$  мм/зуб - [5] ст.65

Приймаємо  $S_z = 0,2$  мм/зуб;

Швидкість різання.  $V = 280$  м/хв. [5] ст.65

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 280}{\pi \cdot 100} = 891,7 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 800 \text{ хв}^{-1}$ ;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{\pi \cdot 100 \cdot 800}{1000} = 251 \text{ м/хв.};$$

Хвилинна подача

$$S_{\text{хв}} = S_z \cdot z \cdot n = 0,2 \cdot 10 \cdot 800 = 1600 \text{ мм/хв.}$$

Потужність, що витрачається на різання:

$$N_{\text{різ}} = E \cdot \frac{V \cdot t \cdot z}{1000} \cdot K_{10}$$

$K_{10} = 0,9$  - коефіцієнт, що враховує вплив та потужність різання інструментального матеріалу та матеріалу заготовки.

$E = 0,6$  - табличне значення показника потужності. [5] ст.65.

$$N_{\text{різ}} = 0,6 \cdot \frac{251 \cdot 1 \cdot 10}{1000} \cdot 0,9 = 1,36 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Тобто обробка можлива.

Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L \cdot i}{S_{xв}}, \text{ хв}$$

Довжина робочого ходу:  $L = l + y + \Delta$

$$L = 276,5 + 30 + 5 = 311,5 \text{ мм};$$

$$y = 0,3 \cdot D = 30 \text{ мм};$$

$$l = 136,5 + 100 + 20 + 20 = 276,5 \text{ мм};$$

$$\Delta = 5 \text{ мм};$$

$i = 1$  – кількість переходів.

$$T_0 = \frac{311,5 \cdot 1}{1600} = 0,19, \text{ хв}$$

#### Перехід 4

Глибина різання  $t=2$ мм.

Ширина різання  $B=15$ мм.

Подача різання:

$$S_z=0,06 \text{ мм/зуб} - [5] \text{ ст}65$$

Швидкість різання.  $V=65$  м/хв. [5] ст.654

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65}{\pi \cdot 100} = 1380 \text{ хв}^{-1}$$

Коректуємо отримане значення по паспорту верстата  $n_d = 1250 \text{ хв}^{-1}$ ;

Дійсна швидкість головного руху різання:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D \cdot n_o}{1000} = \frac{\pi \cdot 15 \cdot 1250}{1000} = 58,9 \text{ м/хв.};$$

Потужність, що затрачується на різання:

$$N_{piz} = E \cdot \frac{V \cdot D \cdot z}{100} \cdot K_{10}$$

$K_{10} = 1,3$  - коефіцієнт, що враховує вплив та потужність різання інструмент-тального матеріалу та матеріалу заготовки - [5] ст.66.

$E=1$  - табличне значення показника потужності - [5] ст.67.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$z=3$  – кількість зубів.

$$N_{\text{різ}} = 1.0 \cdot \frac{58.9 \cdot 15 \cdot 3}{1000} \cdot 1.3 = 3.44 \text{ кВт}$$

Перевіримо, чи достатня потужність приводу верстату. Для верстату

$$N_{\text{різ max}} = N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}} = 7,5 \text{ кВт.}$$

Тобто обробка можлива.

Визначаємо основний час на переході:

$$T_0 = \frac{L}{S_z \cdot z \cdot n}$$

Довжина робочого ходу:

$$L = l + y + \Delta$$

$$L = 20 + 10 = 30 \text{ мм;}$$

$$y = 10 \text{ мм; } l = 20 \text{ мм; } \Delta = 0 \text{ мм;}$$

$i = 1$  – кількість переходів.

$$T_0 = \frac{30}{0.06 \cdot 3 \cdot 1250} = 0.13 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час на операцію 020

$$T_{\text{осум}} = 1,17 + 0,19 + 0,13 = 1,49 \text{ хв.}$$

Режими різання на всі операції зведемо в таблицю.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.16 – Режими різання на виготовлення деталі

№ операції	Поверхня		Режими різання				T <sub>0</sub> , хв
	D/B, мм	L, мм	S, мм/об (мм/зуб )	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	N, кВт	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>010 Токарна</b>							
1 Підрізати торець.	140		0,8	70,3	160	2,88	3,11
2 Точити центр. фаску.	78,5		0,8	61,65	250	3,23	
3 Проточити поверху.	136,5	150	1,0	70,4	160	2,46	
4 Відрізати заготовку.	140	36	0,2	53,6	125	2,4	
<b>015 Токарна</b>							
1 Підрізати торець.	136,5		0,8	70,3	160	2,88	1,87
2 Розточити центр. отвір	80	16	0,4	79,1	315	3,65	
3 Проточити поверху	136,5	150	1,0	70,4	160	2,46	
4 Точити центр. фаску.	78,5		0,8	61,65	250	3,23	
<b>020 Фрезерна</b>							
1 Фрезерувати попередньо торець	136,5		0,1	251	800	6,8	1,49
2 Фрезерувати кінцево	136,5		0,2	251	800	1,36	
3 Фрезерувати місце під маркування.	20	20	0,06	58,9	1250	3,44	
<b>025 Токарна</b>							
1 Чорнове точіння правої сторони деталі	114 105		0,44 0,44	140 140	391 425	5,6	10,0
<b>030 Токарна</b>							
1 Чорнове точіння лівої сторони деталі	114 125		0,44	140	400	5,6	9,5
<b>050 Токарна</b>							
1 Півчистове точіння правої сторони деталі	102 127 134			101 126 132			0,78
			0,4	132	315	14,8	
<b>055 Токарна</b>							
1 Півчистове точіння лівої сторони деталі	122 132 134			120,7 131 132			0,78
			0,4	132	315	15,5	
<b>060 Токарна</b>							
1 Розточити центральний отвір	74	300	0,3	93	400	2,6	4,67
2 Розточити центральний отвори	76	250	0,35	119	500	125	
3 Розточити 2 ступінь	75	25	0,15	148	630	0,4	
<b>065 Фрезерна</b>							
1 Свердлити отвір	6,7	76	0,14	15	710	0,26	1,34
2 Розсвердлити отвір	10	20	0,4	15,7	500	0,8	
3 Фрезерувати лиску		70	0,1	188	600	10,8	
4 Свердлити отвір		12	0,14	11	710	1 0,15	
<b>070 Фрезерна</b>							
1 Свердлити центральний отвір А6,3	6,3	14	0,15	25,1	800	0,66	0,79

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

49

2 Свердлити отвір	29	30	0,4	18,2	200	3,0	
2 Розсвердлите отвір	30	30	0,8	47	500	1,3	
<b>095 Слюсарна</b>							
1 Нарізати різьбу	8	10	1,25		30		0,35
<b>100 Шліфувальна</b>							
1 Шліфувати кулькову доріжку попередньо.	113,7		0,12	20	55,9	-	5,0
2 Шліфувати поверхню кінцево			0,08	20	55,9		
<b>105 Шліфувальна</b>							
1 Шліфувати роликову доріжку попередньо	113,5	90	0,12	20	56		8,33
2 Шліфувати поверхні кінцево.			0,08	20	56	-	
<b>110 Токарна</b>							
1 Чистове точіння	100	30	0,15	125,6	400	0,9	
2 Чистове точіння	120	30	0,15	150,7	400	1,1	1,3
3 Нарізати різьбу	125	28	1,5	78,5	200	2,7	
4 Нарізати різьбу	130	28	1,5	81,6	200	2,8	

### 1.6.3 Нормування технологічного процесу

Розрахуємо норми часу по операціях:

Операція 010. Токарна

Перехід:

- 1 Встановити, закріпити, зняти деталь.
- 2 Підрізати торець начисто.
- 3 Точити центрову фаску з діаметра 78,5 мм на кут 30°.
- 4 Попередньо проточити поверху до  $\varnothing 136,5_{-1,6}$  на довжину  $160 \pm 2$  мм;
- 5 Відрізати заготовку.

Основний технологічний час:

$$T_o = T_{o1} + T_{o2} + T_{o3} + T_{o4} = 0,59 + 0,08 + 1,0 + 1,44 = 3,1 \text{ хв};$$

де:  $T_{o1} \dots T_{o4}$  - основний час на переходах;

Допоміжний час:

$$T_d = T_{вст} + T_{пер} + T_{вим.}, \text{ хв};$$

де:  $T_{вст}$  - час на зняття і встановлення деталі, хв:

$$T_{вст} = 1,5 \text{ хв}, \quad [5], \text{ с.111};$$

$T_{пер.}$  - час зв'язаний з переходом, хв;

$$T_{пер.} = 3 \cdot 0,06 + 3 \cdot 0,05 + 0,04 + 0,07 = 0,44 \text{ хв}, \quad [5], \text{ ст 114};$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{\text{вим}} = T_{\text{кр}} \cdot N_{\text{пер}} - \text{час пов'язаний з контрольними замірами [5], ст111};$

$N_{\text{пер}} = 1 - \text{коефіцієнт періодичності замірів.}$

$T_{\text{вим}} = (0,19+0,08) \cdot 1 = 0,27 \text{ хв.}$

Тоді:  $T_{\text{д}} = 1,5+0,44+0,27 = 2,21 \text{ хв.}$

Оперативний час:

$T_{\text{опер}} = T_{\text{осн}} + T_{\text{доп}} = 3,11 + 2,21 = 5,32 \text{ хв};$

Час на обслуговування робочого місяця:

$T_{\text{обс.}} = 3.0\% [T_{\text{оп}}] = 0.03 [5,32] = 0,16 \text{ хв, [5], ст111}$

Час на перерви і особисті потреби

$T_{\text{від.}} = 5\% [T_{\text{оп}}] = 0,05 [5,32] = 0,27 \text{ хв, [5], ст115};$

Штучний час

$T_{\text{шт}} = T_{\text{опер}} + T_{\text{обс.}} + T_{\text{від.}} = 5,32 + 0,27 + 0,16 = 5,75 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час

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

де:  $T_{\text{п.з.}}$  – підготовчо-заключний час, хв;

$T_{\text{п.з.}} = 40 \text{ хв, [5], ст116};$

$N = 100 \text{ шт} - \text{величина партії деталей.}$

$$T_{\text{шт.к.}} = 5,75 + \frac{40}{100} = 2,63 \text{ хв.}$$

На решту операцій нормування зводимо в таблицю 1.17.

Таблиця 1.17 – Нормування технологічного процесу

№ опер	T <sub>о</sub> , хв	T <sub>доп</sub> , хв				T <sub>обсл</sub> , хв	T <sub>відп</sub> , хв	T <sub>шт</sub> , хв	T <sub>пз</sub> , хв	T <sub>шт.к</sub> , хв
		T <sub>уст</sub> , хв	T <sub>пер</sub> , хв	T <sub>вим</sub> , хв	Σ					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
010	3,11	1,5	0,44	0,27	2,21	0,16	0,27	5,75	40	6,15
015	1,87	2,2	0,38	0,27	2,85	0,14	0,24	5,1	40	5,5
020	1,49	1,2	0,3	0,15	1,65	0,09	0,16	3,39	25	3,64
025	10,0	0,85	1,68	1,2	3,73	0,41	0,69	14,83	30	15,13

030	9,5	0,85	1,68	1,2	3,73	0,40	0,66	14,29	30	14,59
050	0,78	0,9	0,06	0,85	1,81	0,08	0,13	2,8	35	3,15
055	0,78	0,9	0,06	0,85	1,81	0,08	0,13	2,8	35	3,15
060	4,67	1,3	1,1	0,45	2,85	0,23	0,38	8,13	20	8,33
065	1,34	2,4	1,25	0,63	4,28	0,17	0,28	6,07	35	6,42
070	0,79	2,4	0,85	0,48	3,73	0,14	0,23	4,89	25	5,14
095	0,35	1,5	1,2	0,22	2,92	0,1	0,16	3,53	10	3,63
100	5,0	3,1	0,25	0,86	4,21	0,28	0,46	9,95	30	10,25

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		52

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Пристрій фрезерно-свердлильний

#### 2.1.1. Опис конструкції пристрою

Операція 065 передбачас: фрезерувати лиску на виступі діаметра 120мм шириною 70мм, свердлити отвори під заправку шарошки мастилом. Отвори свердяться з двох сторін, під кутом 90° один відносно іншого.

Установочна база - поверхні під роликові бігові доріжки.

Упорна база - торець роликової бігової доріжки.

Верстат - горизонтальний фрезерно-свердлильний з ЧПК мод. 2204ВМФ4.

Для забезпечення виконання операцій проектуємо пристрій для фрезерування лиски і свердління отворів для заправки опори шарошки мастилом.

Пристрій складається з основи, на якій закріплена зведена призма. В дану призму вкладається заготовка з упором торця роликової доріжки упорну п'яту на призмі.

Кріпиться заготовка знімними плашками, які покладаються на бігові доріжки заготовки і притягуються гайками.

Пристрій вставляється на столі верстату за допомогою двох круглих стандартних шпонок, що входять в пази стола.

Кріплення пристрою до стола верстата відбувається швидко знімними болтами для верстатних пазів.

#### 2.1.2 Принцип роботи пристрою

Заготовка вкладається в призми пристрою і притискається до упорної п'яти торцем роликової бігової доріжки.

Заводяться і притягуються притискні планки. Кінцеве затягування гайок необхідно здійснювати по чергово на різних планках, щоби запобігти можливому перекосу заготовки.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після фрезерування лиски, свердління і розсвердлювання отвору під пробку стіл верстата повертається на кут  $90^\circ$ , проходить зміна інструменту і свердлиться отвір для виходу мастила.

Тільки після повного завершення всіх переходів операцій заготовку знімають з пристрою.

Використання механізованого приводу затиску не є доцільним, оскільки стіл верстату здійснює обертання є доцільним, оскільки стіл верстату здійснює обертання і шланги підводу робочого агента (повітря або масла) утворювали б значні незручності при виконанні операції.

### 2.1.3 Службове призначення пристрою

Згідного проектного технологічного процесу виготовлення осі Ш 16.2К-003 фрезерування лиски і свердління отворів в різних площинах об'єднані в одну операцію.

Мета такого об'єднання: збільшення точності взаємного розміщення отворів, що перетинаються між собою, зменшення часу на переустановку заготовки (в базовому техпроцесі фрезерування і свердління здійснювалось на різних операціях і на різних верстатах).

Виходячи з особливостей техпроцесу технічної характеристики верстату до проєктованого пристрою ставляться наступні вимоги:

1. Компоновка пристрою повинна забезпечити горизонтальне розміщення осі симетрії заготовки.
2. Базування заготовки здійснюється по проточених доріжках під роликові насипні підшипники кочення та упорному торці однієї з доріжок.
3. Механізм затиску повинен забезпечити вільний доступ різального інструменту до всіх поверхонь, що обробляються.
4. Затиск повинен надійно закріплювати заготовку в пристрої з метою запобігання зміщення заготовки від дією сил різання.
5. Схема базування повинна забезпечити стабільне і точне базування

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

незалежно від допуску базуючи розмірів.

Покажемо на рисунку схему базування заготовки в пристрої.

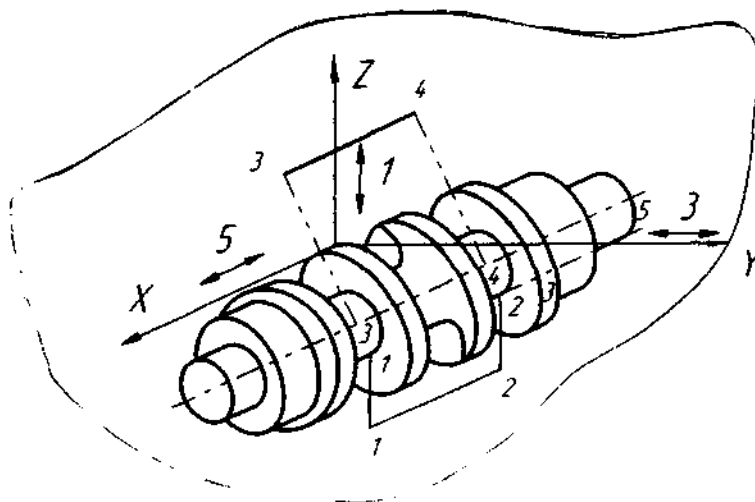


Рисунок 2.1 – Схема базування заготовки в пристрої

Як видно із схеми базування, базова циліндрична поверхня несе чотири опорні точки; дві з них лежать на твірній 1-2 і дві на твірній 3-4. Базування по таких циліндричних поверхнях позбавляє заготовку чотирьох степенем вільності.

Торець бігової доріжки несе опорну точку 5, що позбавляє заготовку переміщення в здовж осі x. утримує заготовку від провертання сила тертя, що викликана затиском заготовки в пристрої.

Дана схема базування забезпечує стабільність базування заготовки.

Так, як обидві бігові доріжки виконані з одного установлення, похибка базування по осі y рівна нулю  $\Sigma\delta=0$ . Зміщення може виникати по осі z, викликане допуском на обточку поверхонь, по яких проходить базування. Величину зміщення по осі z можна визначити по формулі:

$$S = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$$

де  $d_{\max}$  і  $d_{\min}$  - найбільший і найменший діаметр опорної поверхні в межах поля допуску на токарну обробку;

$\alpha$  - кут призми.

Дане зміщення може впливати на розміщення отворів під масло, але так як в кресленні немає додаткових вимог до розміщення цих отворів, даною похибкою можна знехтувати.

Закріплення заготовки не впливає на зміщення заготовки в пристрої. При достатній жорсткості прим і відсутності можливості переміщення в парі заготовка - установочні елементи призм вимірної база не зміщується відносно технологічної бази під дією сил затиску, тобто похибка закріплення  $\varepsilon_3=0$ . Похибка положення заготовки викликана неточністю пристрою і залежить від похибки виготовлення і складання установочних елементів, їх прогресуючим зношенням, похибками виставлення пристрою на верстаті.

Для максимального виключення похибки положення заготовки установочні поверхні при захищені спеціальними захисними планками, які відповідно термооброблені і практично не піддаються зносу; пристрій на верстаті виставляється на спеціальних шпонках, які гарантують спів падання осі пристрою з віссю паза стола верстата.

Для забезпечення точності обов'язковий вхідний контроль пристрою працівниками відділу якості підприємства.

Наладка пристрою на верстаті проводиться по еталонній деталі. Добиваючись точного виставлення осі заготовки в пристрої відносно інструменту, можна звести похибку положення заготовки до нуля.

#### **2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки в пристрої**

Сила затиску заготовки в пристрої повинна утримати заготовку від переміщення під дією сил, що виникають в процесі обробки.

Розрахунок сил затиску зведемо до розв'язування задачі статичної рівноваги тіла (заготовки) під дією системи зовнішніх сил.

До заготовки, з однієї сторони прикладені вага заготовки і сили, що виникають в процесі обробки (сили різання), з іншої сторони - реакції опор і сили затиску, що

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						56
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначаються. Під дією цих сил заготовка повинна знаходитись в рівновазі. При розрахунку будемо орієнтуватись в на таку стадію дії сил, що викликають зміщення заготовки, при якій сили затиску виходять найбільшими.

Визначимо сили різання. Найбільшими будуть сили різання при фрезеруванні лиски шириною 70мм (перехід 4 операції 065).

Глибина різання (найбільша)  $t = 8$  мм.

Ширина різання (найбільша)  $B = 70$  мм.

Подача різання:  $S_z = 0,1$ мм/зуб;  $S_{хв} = 600$  мм/хв.

Швидкість різання.  $V=188$  м/хв.

Частота обертання фрези:  $n_d = 600$  хв<sup>-1</sup>;  $N_{різ} = 10,8$  кВт;

Фреза торцева  $\varnothing 100$  Т5К10 ДСТУ ГОСТ 22087:2008;  $z=10$ .

Головна складова сили різання при фрезеруванні - колова сила:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B^u \cdot z \cdot K_{Mp}}{D^q \cdot n^w}$$

Необхідні для розрахунку дані приймаємо по [9] ст 51.  $C_p=825$ ;  $x=1,0$ ;  $y=0,75$ ;  $u=1,1$ ;  $q=1,3$ ;  $w=0,2$ ;  $K_{Mp}=1,7$  [9] ст 51.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 70^{1,1} \cdot 10 \cdot 1,7}{100^{1,3} \cdot 600^{0,2}} = 14927 \text{ Н}$$

Величина інших складових сили різання визначаємо зі співвідношення:

Горизонтальна сила:  $P_h = 0,35 \cdot P_z = 0,35 \cdot 14927 = 5224$  Н;

Вертикальна сила:  $P_v = 0,9 \cdot P_z = 0,9 \cdot 14927 = 13434$  Н;

Радіальна сила:  $P_r = 0,35 \cdot P_z = 0,35 \cdot 14927 = 5224$  Н;

Осьова сила:  $P_x = 0,5 \cdot P_z = 0,5 \cdot 14927 = 7464$  Н.

Розглянемо найгірший можливий варіант - фреза працює з підривом заготовки, глибина різання і ширина обробки максимальні. Складові сили різання покажемо на рисунку. Складові сили при симетричному торцевому фрезеруванні.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

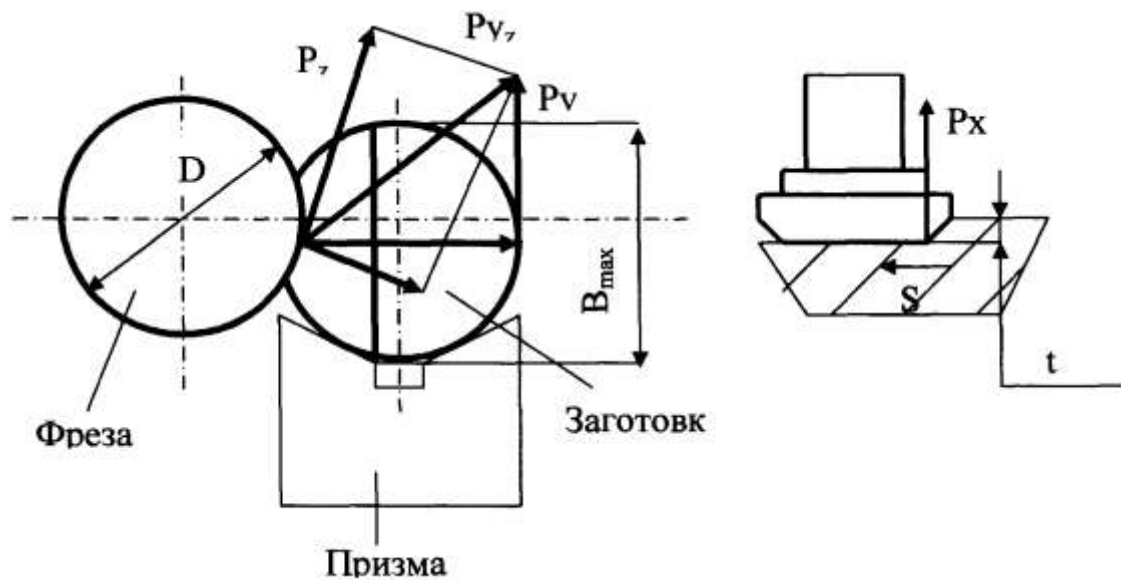


Рисунок 2.2 – Схема дії сил

Осьова сила  $P_x$  сприймається п'ятою пристрою.

Силі затиску заготовки протидіють вертикальна сила  $P_v$  і вертикальні складові сили горизонтальної  $P_h$  і радіальної  $P_y$ .

Вертикальні складові даних сил при половині кута призми  $\alpha = 45^\circ$ .

$$P_h^B = P_h \cdot \text{cts}\alpha = 5224 \cdot \text{cts}45 = 5224 \text{ Н};$$

$$P_y^B = P_y \cdot \text{cts}\alpha = 5224 \cdot \text{cts}45 = 5224 \text{ Н};$$

Сумарна сила, що протидіє силі затиску:

$$P_{\text{сум}} = P_v + P_h^B + P_y^B = 13434 + 5224 + 5224 = 23882 \text{ Н};$$

При розрахунку необхідної сили затиску вводиться коефіцієнт запасу  $K$ , який гарантує надійність закріплення заготовки:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; [9] \text{ ст } 55.$$

$K_0 = 1,3$  - гарантований коефіцієнт запасу;

$K_1 = 1,0$  - враховує стан технологічної бази;

$K_2 = 1,05$  - враховує ударне навантаження на інструмент;

$K_3 = 1,1$  - враховує стабільність силового приводу;

$K_4 = 1,0$  - для затискних механізмів з ручним приводом;

$K_5 = 1,0$  - враховує розміщення опорних точок;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$K = 1,3 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,5;$$

Тоді сила затиску повинна бути не менша:

$$P_{\text{зат}} \geq P_{\text{сум}} \cdot K = 23882 \cdot 1,5 = 35823 \text{ Н};$$

Так як, затиск відбувається чотирма шпильками, сила затиску для однієї шпильки:

$$P_{\text{зат}} \geq 0,25 \cdot P_{\text{зат}} \cdot K = 0,25 \cdot 35823 \cdot 1,5 = 13444 \text{ Н};$$

де  $K = 1,5$  - коефіцієнт, що враховує нерівномірність затиску;

Сила ручці ключа, необхідна для створення даної сили затиску:

$$w = P_{\text{зат}} \frac{r_{\text{сер}}}{l} \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_1)$$

де  $r_{\text{сер}}$  - середній радіус різьби;

$$\text{Для різьби М16: } r_{\text{сер}} = 0,5 \cdot d_{\text{сер}} = 7,35;$$

$$l = 250 \text{ мм - виліт ключа};$$

$\alpha$  - кут підймання різьби;

$$\operatorname{tg}\alpha = t / \pi \cdot d_{\text{сер}} = 2 / \pi \cdot 14,701 = 0,0433;$$

$$\alpha = \arcsin 0,0433 = 2,48^\circ;$$

де  $t = 2$  мм - крок різьби М16;

$$d_{\text{сер}} = 14,701 \text{ мм.}$$

$\varphi_1$  - кут тертя в різьбовій парі;

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} \frac{x}{\cos \beta} = \operatorname{arctg} \frac{0,1}{\cos 30^\circ} = 6,59$$

$x = 0,1$  - коефіцієнт тертя [9] ст 61.

$\beta = 30^\circ$  - половина кута при вершині профілю різьби.

Підставляємо отримані значення в початкову формулу:

$$w = 13444 \frac{7,35}{250} \operatorname{tg}(2,48 + 6,59) = 63 \text{ Н.}$$

Для більш точності проведеного розрахунку врахуємо втрати на тертя в місці контакту гайки з упорною плашкою пристрою:

$$M_{\text{тер}} = \frac{1}{3} P_{\text{зат}} \cdot x \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} = \frac{1}{3} 13444 \cdot 0,1 \frac{22^3 - 16^3}{22^2 - 16^2} = 12878 \text{ Н [9] ст 71.}$$

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для гайки М16 ДСТУ ГОСТ 5915:2008 D=22 мм; d=16 мм;

Уточнення значення сили, необхідна для створення зусилля, рівного зусиллю затиску  $P_{зат}$ ;

$$w = w + \frac{M_{мер}}{l} = 63 + \frac{12878}{250} = 114,5 \text{ Н.}$$

При використанні ручних затисків зусилля на ручці ключа не повинно перевищувати 15 кс (147 Н [9] ст 73.

$w = 114,5 < 147$  Я - вимога виконується.

Спроектований пристрій забезпечує точне виставлення і надійне закріплення заготовки.

### 2.1.5 Розрахунок слабкої ланки пристрою на міцність

Перевіримо на міцність шпильки, через які проводиться затиск заготовки.

Перевіримо різьбову частину шпильки на розтяг:

$$\delta_p = \frac{F_2}{S_p} \leq [\sigma_p]$$

В нашому випадку:

$$F_2 = 1,5 \cdot P_{зат} = 1,5 \cdot 13444 = 20166 \text{ Н;}$$

де 1,5 - допустиме перевищення необхідного значення сили затиску;

$S_p$  - площа поперечного перерізу різьбової частини шпильки:

$$S_p = \pi \cdot d_{вн}^2 / 4 = \pi \cdot d_{вн}^2 / 4 = 150,3 \text{ мм}^2$$

де  $d_{вн} = 13,835$  мм- внутрішній діаметр різьби М16.

Тоді

$$\sigma_p = 20166 / 150,3 = 134,2 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 145 \text{ МПа;}$$

де  $[\sigma_p] = 145$  МПа - допустиме напруження на розтяг матеріалу шпильки по ДСТУ ГОСТ 22036:2008

Вибрана шпилька витримує прикладені навантаження з достатнім запасом міцності.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## 2.2 Пристрій фрезерний

### 2.2.1 Опис конструкції пристрою

Пристрій складається з основи, на якій вертикально кріпиться пустотінна трубчата стійка, на верхньому торці стійки приварено фланець, на якому монтується трьохкулачковий самоцентруючий патрон зі спірально-рейковим механізмом по ДСТУ ГОСТ 2675:2008. Діаметр центрального отвору патрона не менше 140 мм, зовнішній діаметр 400 мм, висота (без кулачків) – 105 мм (дані взяті з ДСТУ ГОСТ 2675:2008).

В основі, на одній осі з віссю патрона, виготовлено опору у вигляді центра.

Пристрій встановлюється на столі верстату і кріпиться швидкозмінними болтами для верстатних пазів.

В пустотілій стійці виконано 2 вікна для виходу МОР і виносу стружки, очищення центра.

### 2.2.2 Принцип роботи пристрою

Заготовка вставляється в патрон пристрою і опускається вниз до тих пір, поки центрові фаска внутрішнього отвору заготовки не сяде на центр пристрою. Ключем затягуються кулачки патрона до повної фіксації заготовки.

Використання механізованого затиску не є доцільним - заготовка затискається один раз, без подальших переустановок; час затиску є незначним в порівнянні з основним часом операції; пристрій простий і надійний в експлуатації і дешевий у виготовленні, в ньому використовуються стандартизовані вузли (патрон), що важлива для серійного виробництва.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	<i>Арк.</i>
						61
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

### 2.2.3 Розрахунок впливу пристрою на похибку обробки

На операції 020 проводиться фрезерування торця заготовки, залишаючи борт шириною 70 мм на віддалі  $40^{+0,25}$  мм від осі заготовки і фрезерування паза під маркування. Висота бурта  $16^{+0,18}$  мм.

Пристрій повинен забезпечити необхідне положення заготовки відносно інструменту. Для партії заготовки це положення не є ідентичним, а отримує розсіювання в певних межах.

Величина поля розсіювання положень вимірної бази заготовки для певного розміру відносно інструменту називається похибкою установки.

Похибка установки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_n^2}$$

де  $\varepsilon_0 = 0$  - похибка базування для розміру  $40^{+0,25}$  (базування відбувається в самоцентруючому патроні);

$\varepsilon_n$  - похибка положення. Вона викликана неточністю пристрою і залежить від неточного виготовлення і складання елементів пристрою, їх прогресуючим зносом, помилками при встановленню пристрою на верстаті.

$$\varepsilon_n = \varepsilon_{yc} + \varepsilon_k + \varepsilon_{np}$$

$\varepsilon_{yc}$  - похибка установки пристрою на верстаті;

$\varepsilon_{yc} = 0,03$  мм [9] ст 81;

$\varepsilon_k$  - похибка від зносу опор;

знос кулачків буде відбуватися одночасно для всіх кулачків; для розміру  $40^{+0,25}$  можна прийняти  $\varepsilon_{k1} = 0$ ;

При встановлення загартованого центрального упору його знос в місці контакту з не термооброблюваною заготовкою буде незначним, можна прийняти  $\varepsilon_{k2} = 0$ .

$\varepsilon_{np}$  - похибка виготовлення пристрою;  $\varepsilon_{np} = 0,03$  мм.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді:  $\varepsilon_{\text{п}} = 0,03 + 0 + 0,03 = 0,06$  мм;

$\varepsilon_3$  - похибка затиску.

Для самоцентруючого пристрою похибка затиску  $\varepsilon_3 = 0$ .

Сумарна похибка установки для розміру  $40^{+0,25}$  мм:

$$\varepsilon = \sqrt{0^2 + 0,06^2 + 0^2} = 0,06 \text{ мм}$$

На похибку базування при обробці по розміру  $16^{+0,18}$  мм впливає точний розмір упору, розмір центрної фаски, висота заготовки і т.д. Тому при обробці по даному розміру на останньому, чистовому переході необхідно глибину різання коректувати по дійсному значенні наявної висоти бурта.

Визначимо допустиму похибку установки для розміру  $40^{+0,25}$ :

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \sqrt{(T_d + \Sigma\Delta_{\phi})^2 - \Delta_y^2 - \Delta_u^2 - 3 \cdot \Delta_u^2 - 3 \cdot \Delta_T^2};$$

$T_d = 0,25$  - технологічний допуск на розмір;

$\Sigma\Delta_{\phi} = 0,03$  мм - сумарна похибка форми оброблюваної поверхні;

$\Delta_y = 0,015$  мм - похибка, викликана пружним відтисканням елементів технологічної системи під дією нестабільності сил різання;

$\Delta_u = 0,01$  мм - похибка наладки верстату;

$\Delta_u = 0,03$  мм - похибка викликана зносом ріжучого інструменту;

$\Delta_T = 0,005$  мм - похибка, викликана тепловими деформаціями технологічної системи.

Значення похибок взяті згідно рекомендацій [9] ст 85

Тоді допустима похибка установки:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = \sqrt{(0,25 + 0,3)^2 - 0,015^2 - 0,01^2 - 3 \cdot 0,03^2 - 3 \cdot 0,005^2} = 0,0869 \text{ мм}$$

Пропонована схема установки заготовки повинна задовольняти умову:

$$\varepsilon = 0,06 \text{ мм} < \varepsilon_{\text{доп}} = 0,0869 \text{ мм};$$

Умова виконується.

Використання спроектованого пристрою забезпечує виконання операцій з достатньою точністю.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРОБЛЕННЯ КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ ДЛЯ ВЕРСТАТА З ЧПК

Для автоматизованого розроблення керуючої програми обробки на верстаті з ЧПК деталі «Вісь Ш 16.2К-003» використовуємо систему PowerMill.

Для виконання розрахунків траєкторій в програмі необхідні 3D-моделі деталі та заготовки. Модель деталі створюємо з допомогою програми AutoDesk Inventor (рисунок 3.1).

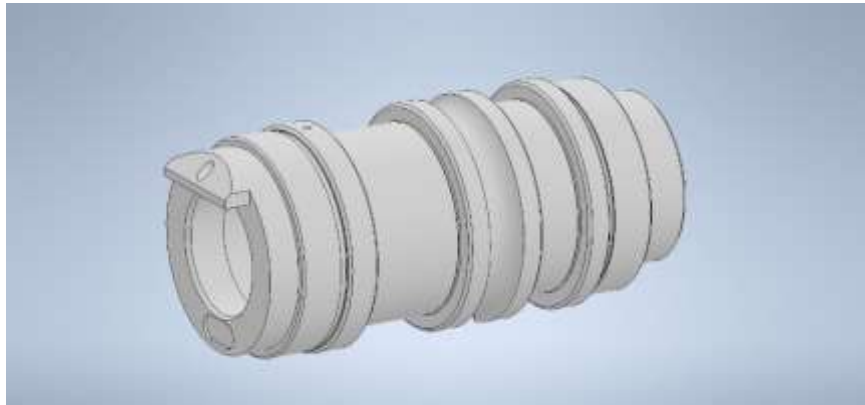


Рисунок 3.1 – 3D-модель деталі

Створену модель записуємо у форматі «\*.igs», а далі імпортуємо в систему PowerMill (рисунок 3.2).

Модель заготовки створюється вже під час проектування всередині системи PowerMill (рисунок 3.3) у вигляді відрізка труби відповідних розмірів.

Послідовні етапи проектування траєкторій руху інструмента, що слугують основою для створення керуючих програм для верстата з ЧПК подано на рисунках 3.4 – 3.41. Керуючі програми наведені в Додатку.

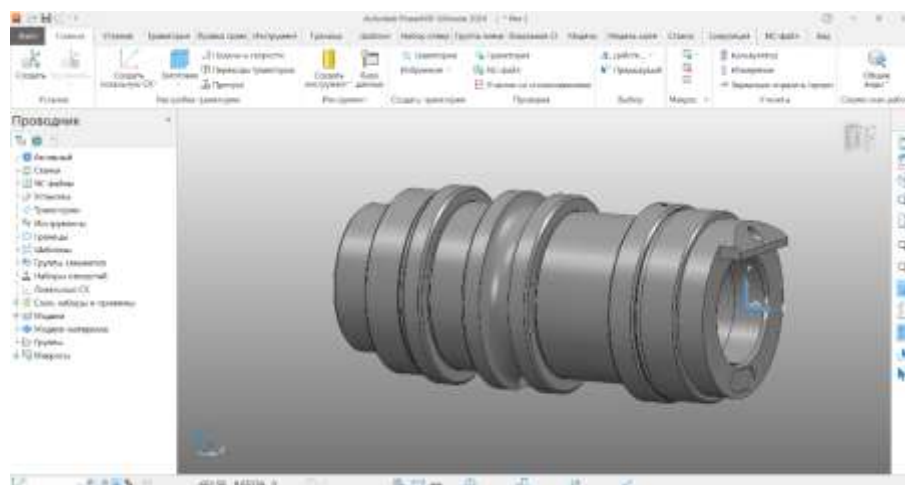


Рисунок 3.2 – Модель деталі, імпортована в систему PowerMill

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

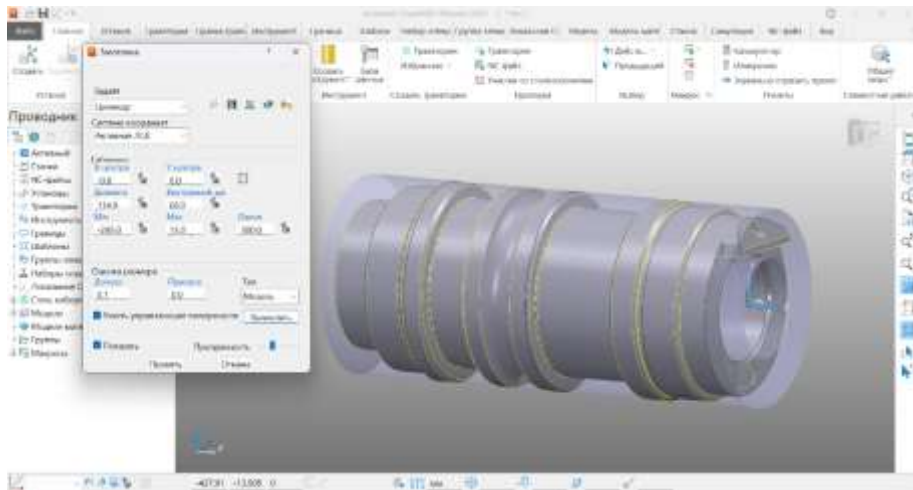


Рисунок 3.3 – Вибір параметрів заготовки

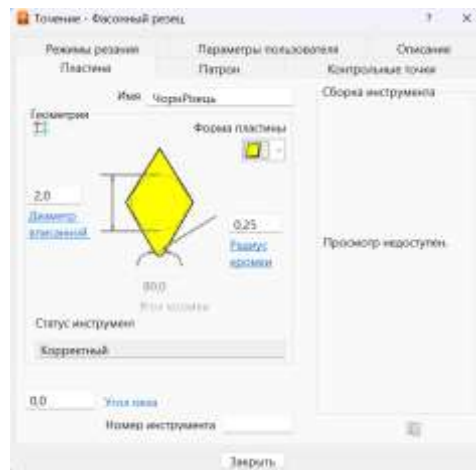


Рисунок 3.4 – Створення моделі чорнового різця - пластина

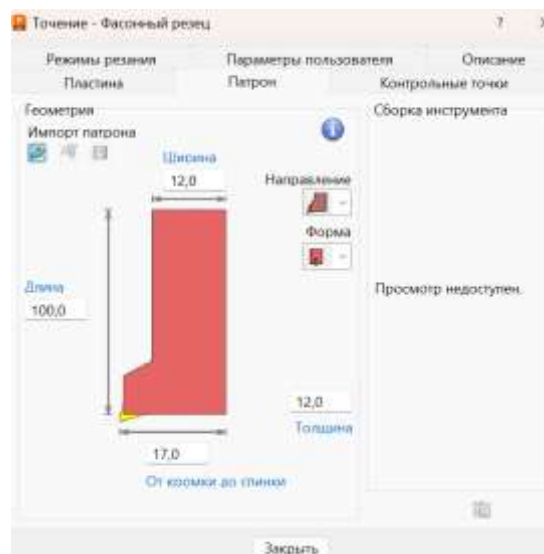


Рисунок 3.5 – Створення моделі чорнового різця - державка

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата



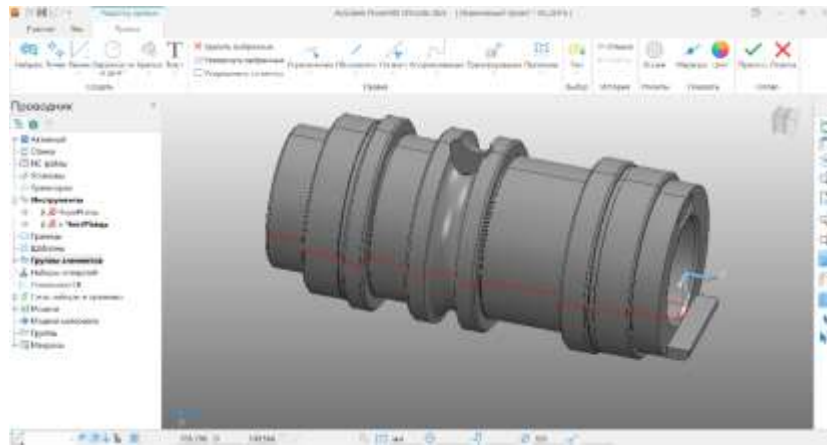


Рисунок 3.9 – Розбиття лінії перетину на ділянки

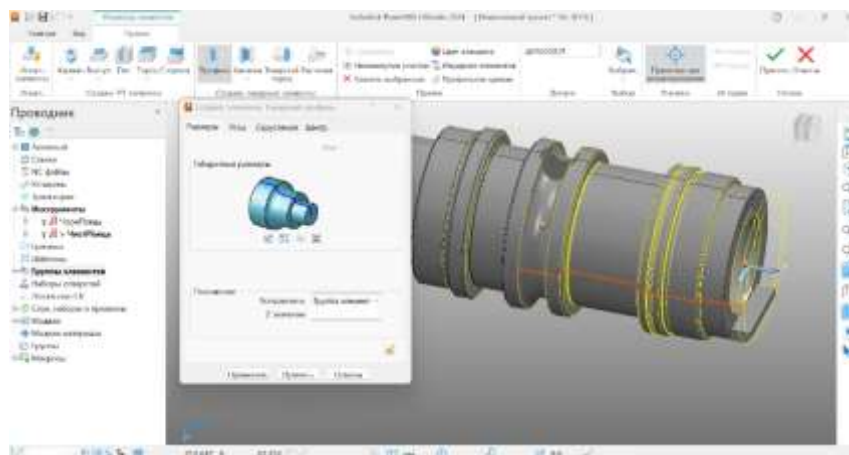


Рисунок 3.10 – Отримання профілю обертання

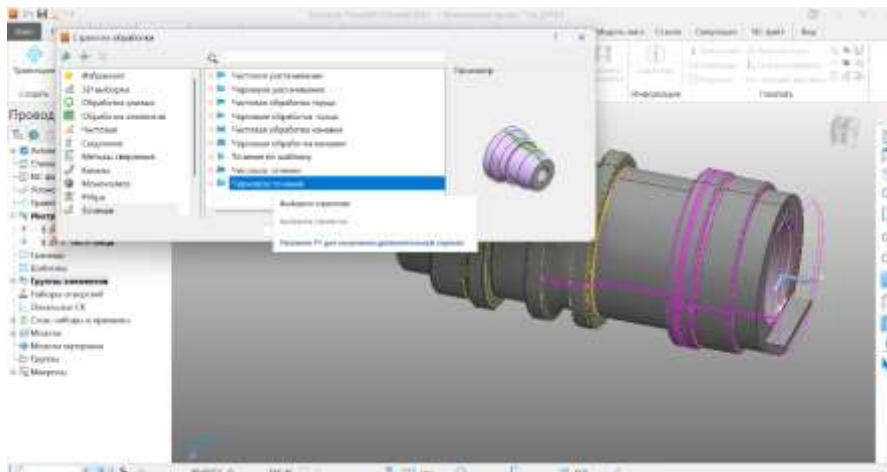


Рисунок 3.11 – Вибір стратегії обробки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

67

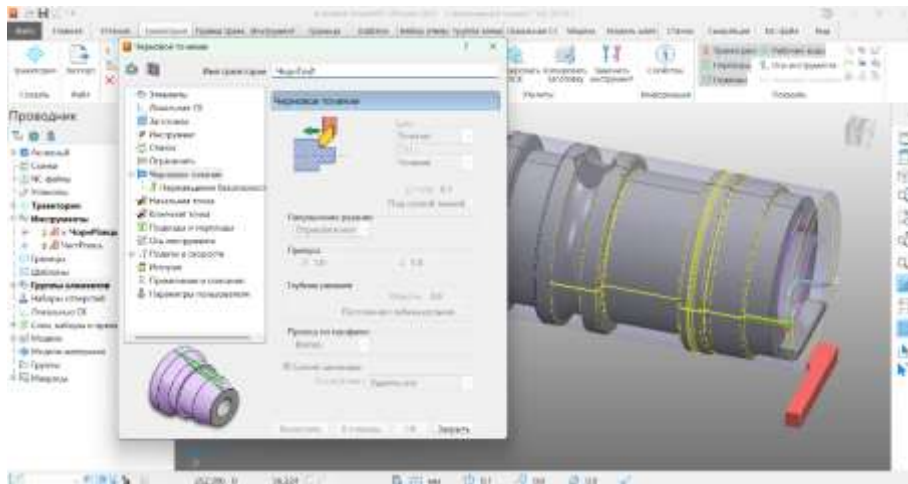


Рисунок 3.12 – Проектування чорнового точіння

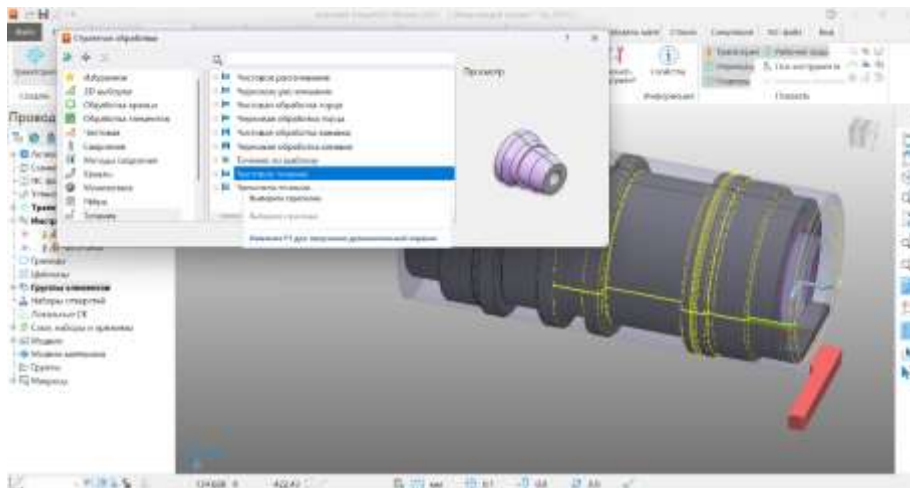


Рисунок 3.13 – Вибір стратегії обробки

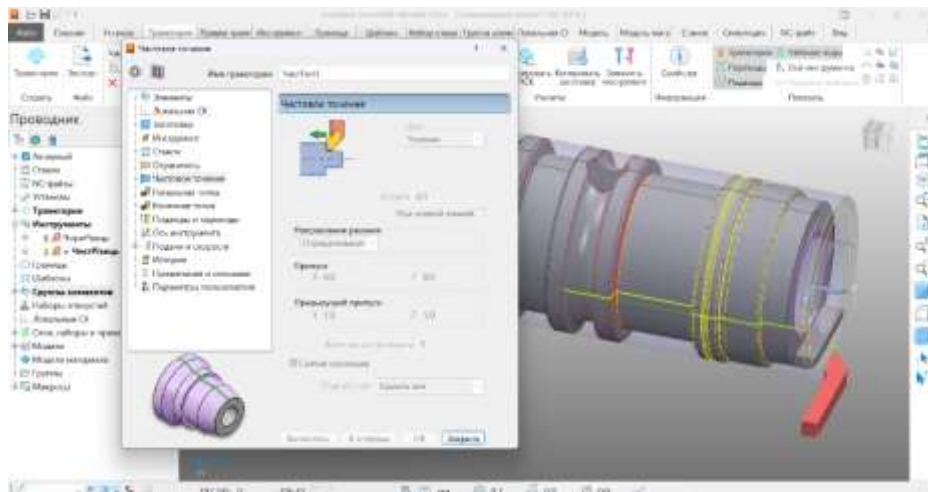


Рисунок 3.14 – Проектування чистового точіння

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

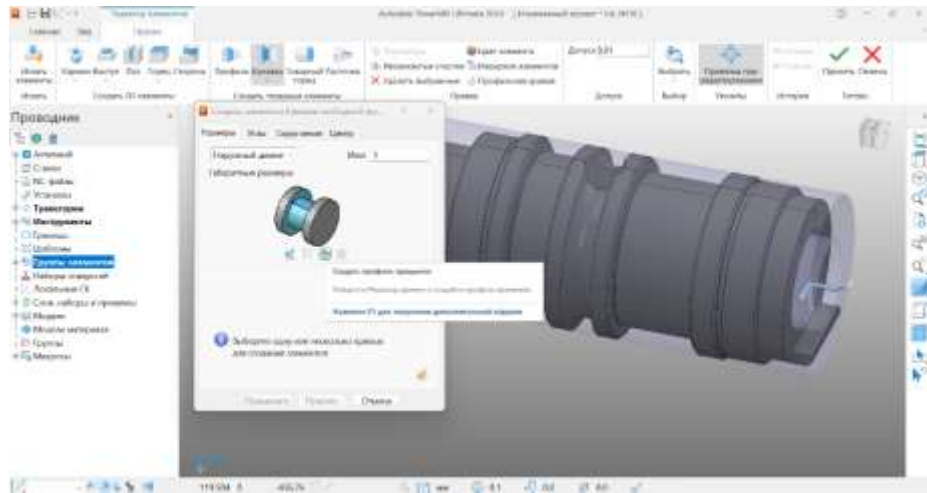


Рисунок 3.15 – Створення елемента «Канавка»

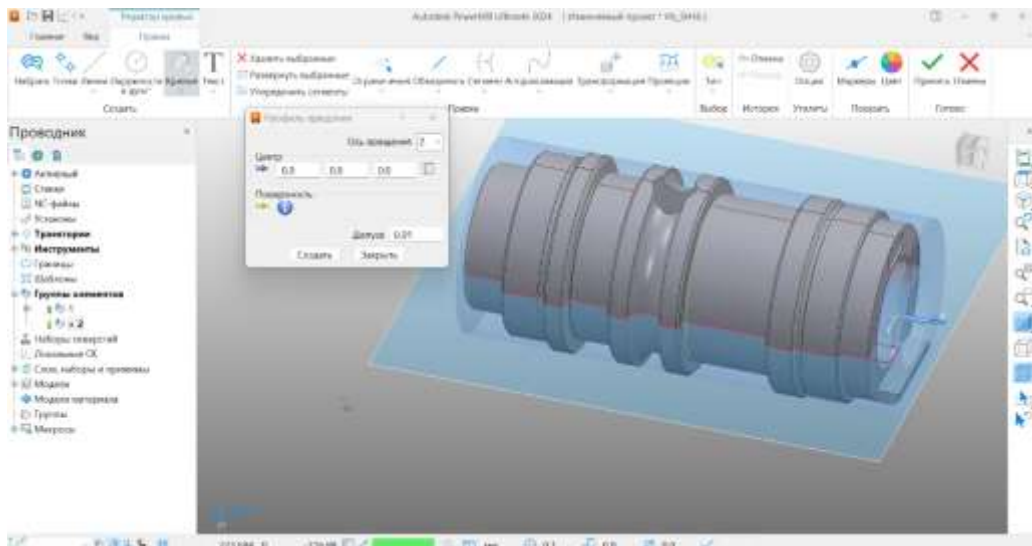


Рисунок 3.16 – Отримання профілю обертання

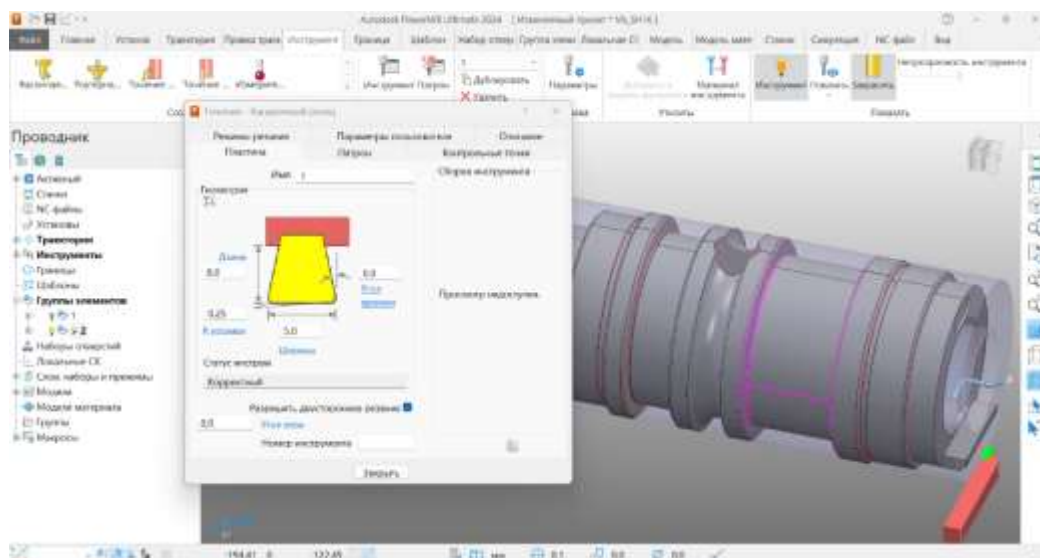


Рисунок 3.17 – Створення моделі канавкового різця

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

69

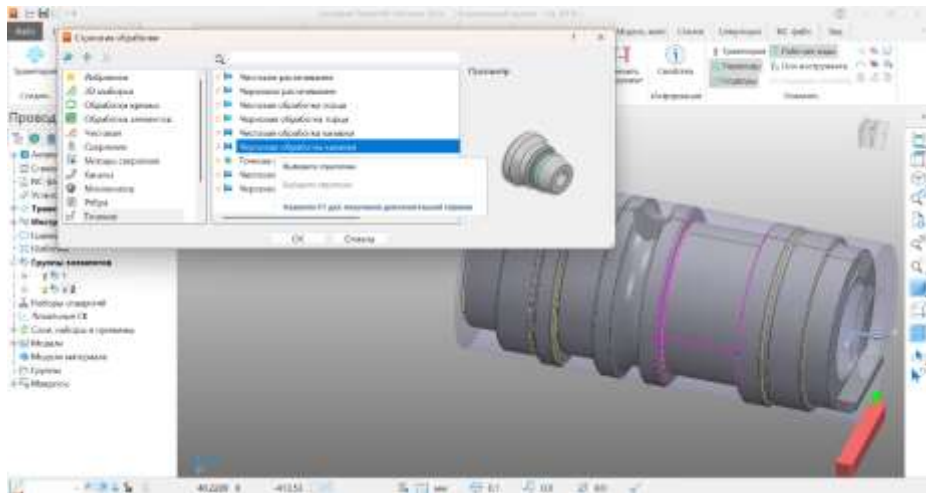


Рисунок 3.18 – Выбор стратегии обработки

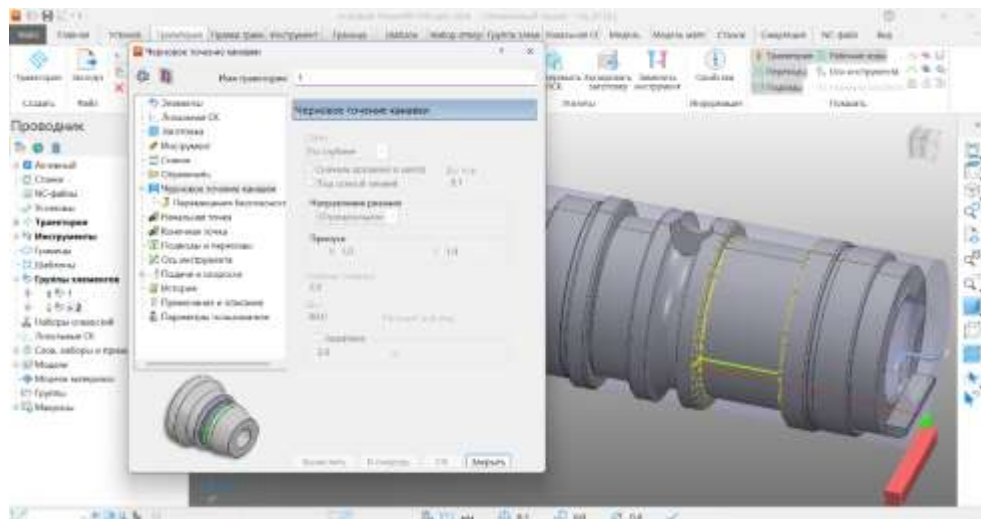


Рисунок 3.19 – Проектирование чорнового точіння канавки

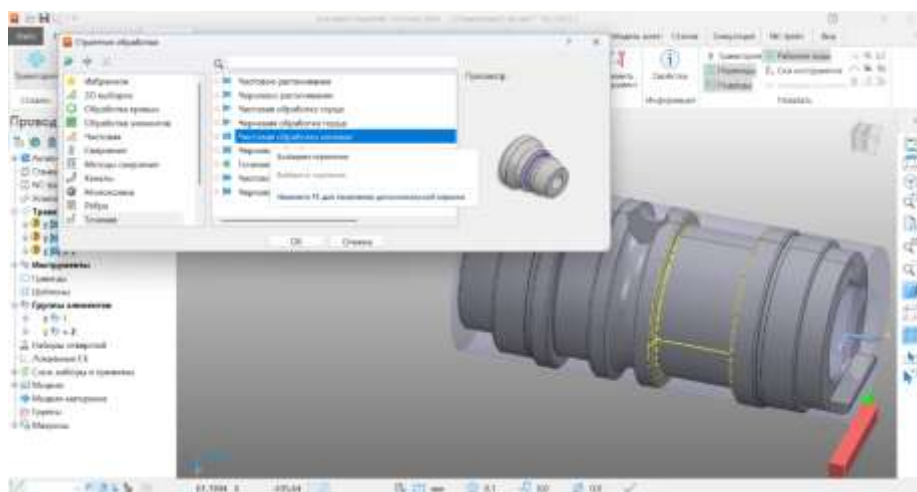


Рисунок 3.20 – Выбор стратегии обработки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

70

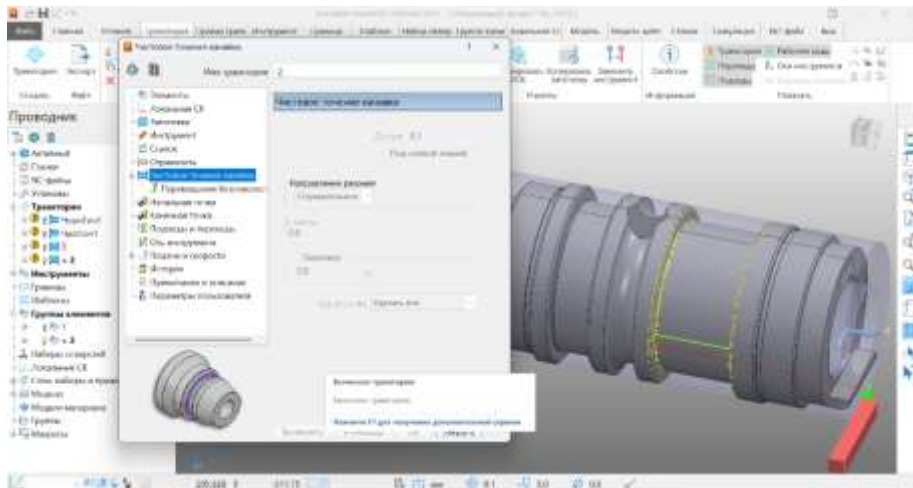


Рисунок 3.21 – Проектування чистового точіння канавки

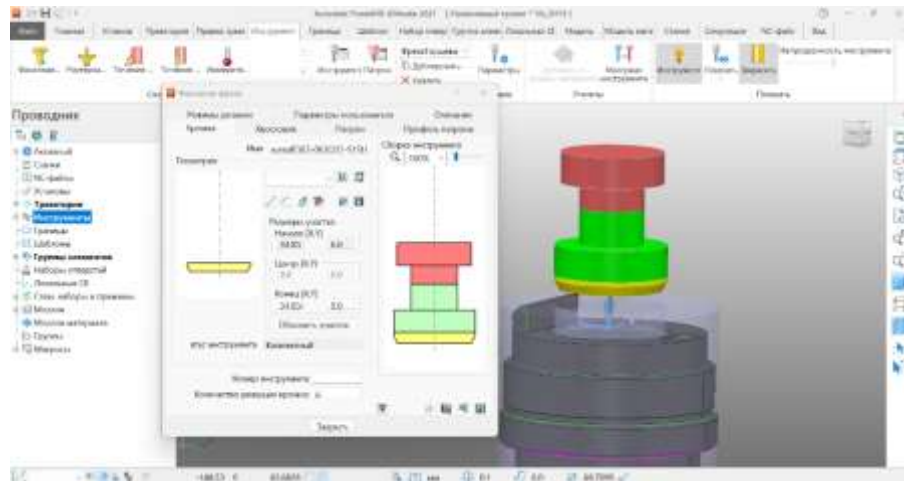


Рисунок 3.22 – Створення моделі торцьової фрези

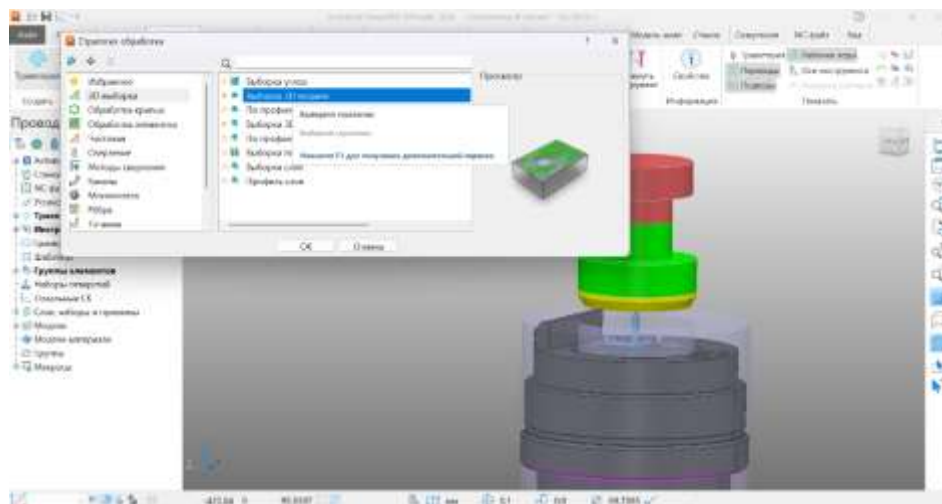


Рисунок 3.23 – Вибір стратегії обробки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

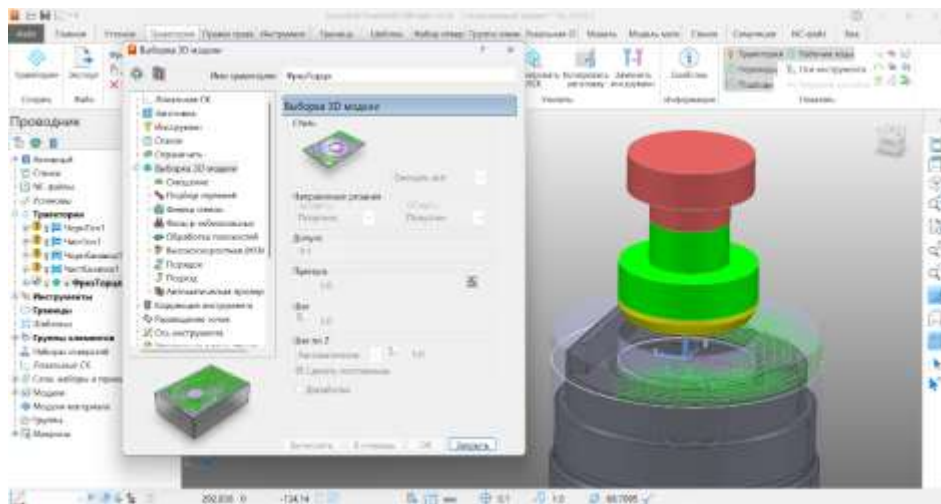


Рисунок 3.24 – Фрезерування торця

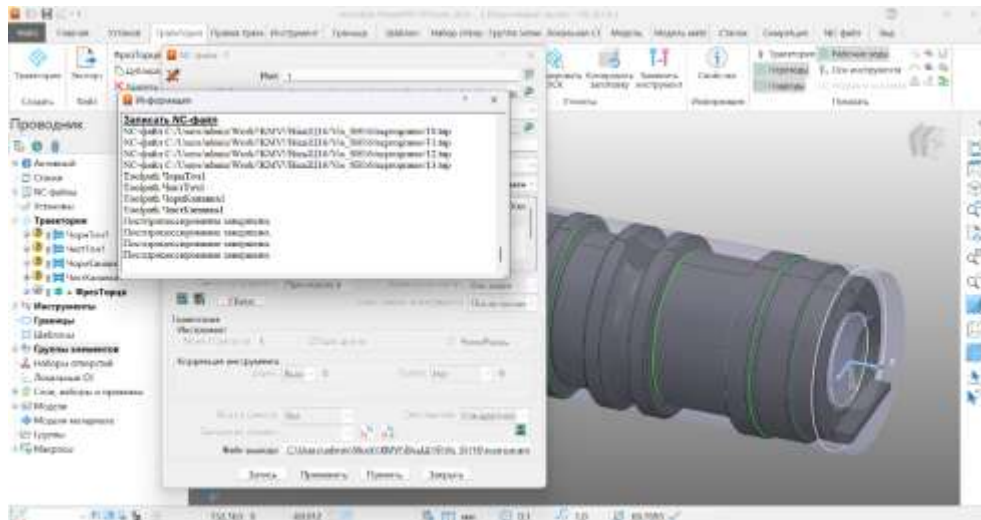


Рисунок 3.25 – Створення та запис NC-файла на токарні переходи

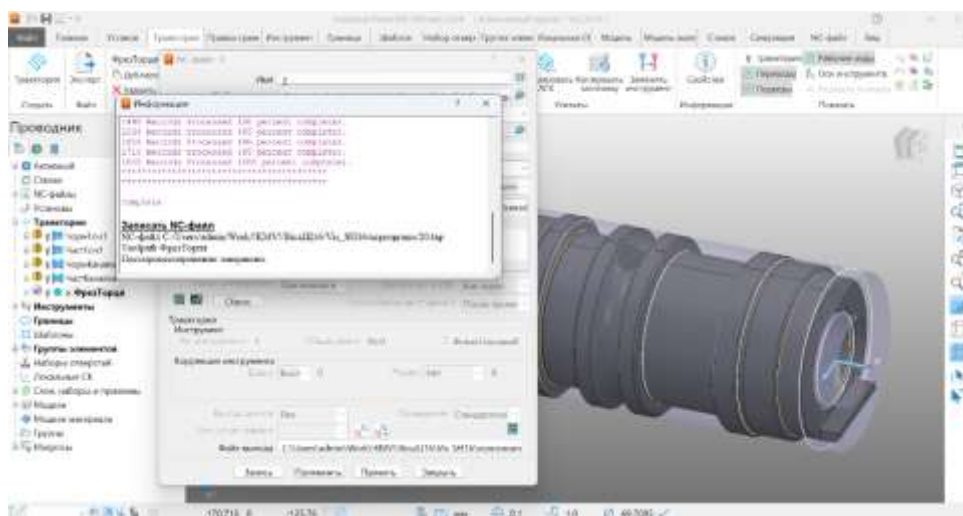


Рисунок 3.26 – Створення та запис NC-файла на фрезерування

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

72

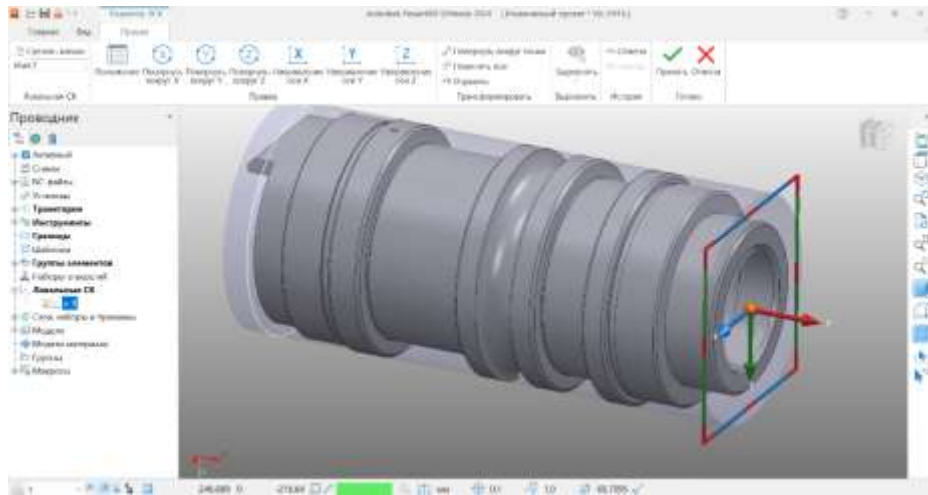


Рисунок 3.27 – Створення локальної системи координат

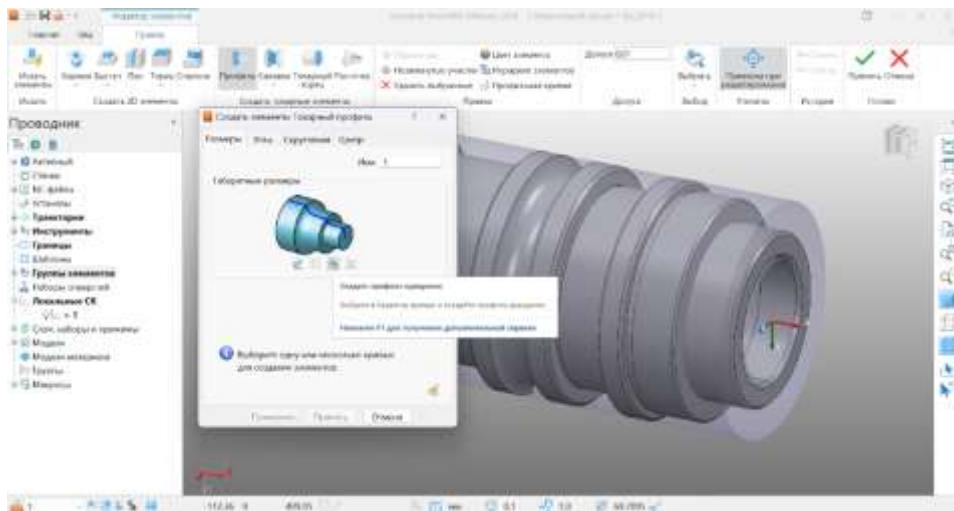


Рисунок 3.28 – Створення елемента «Токарний профіль»

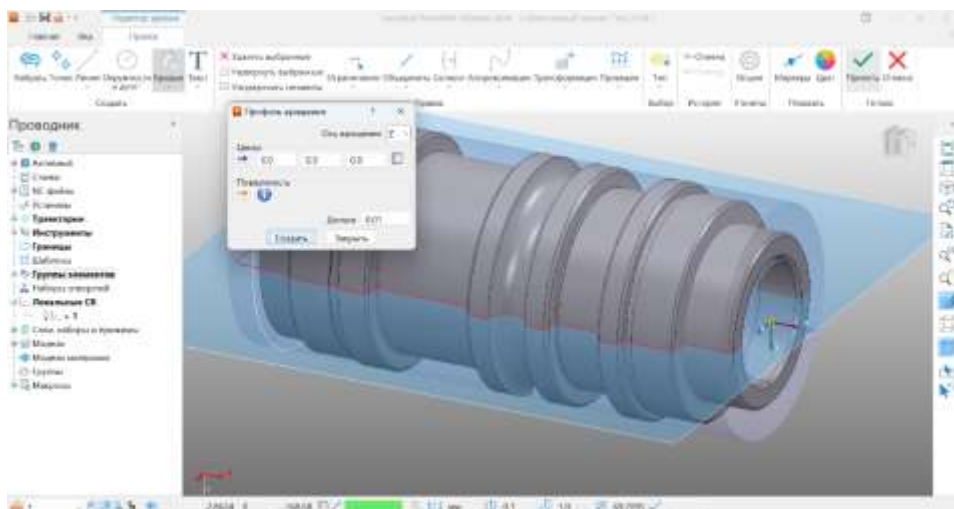


Рисунок 3.29 – Отримання профілю обертання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

73

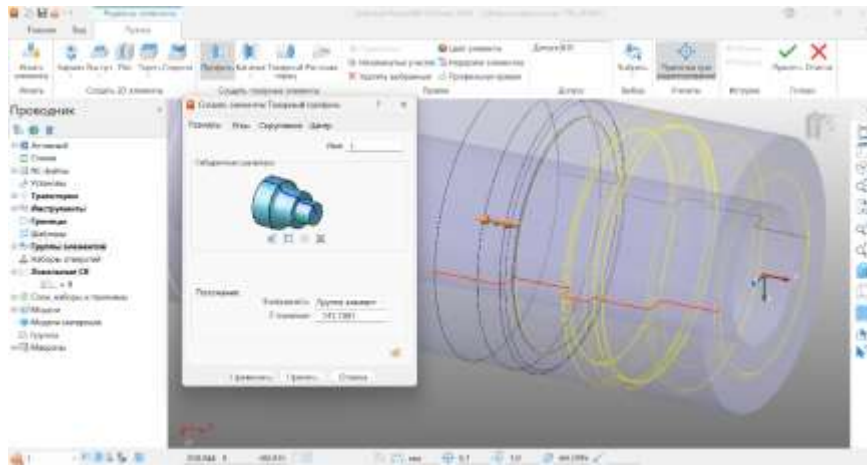


Рисунок 3.30 – Токарний профіль після редагування

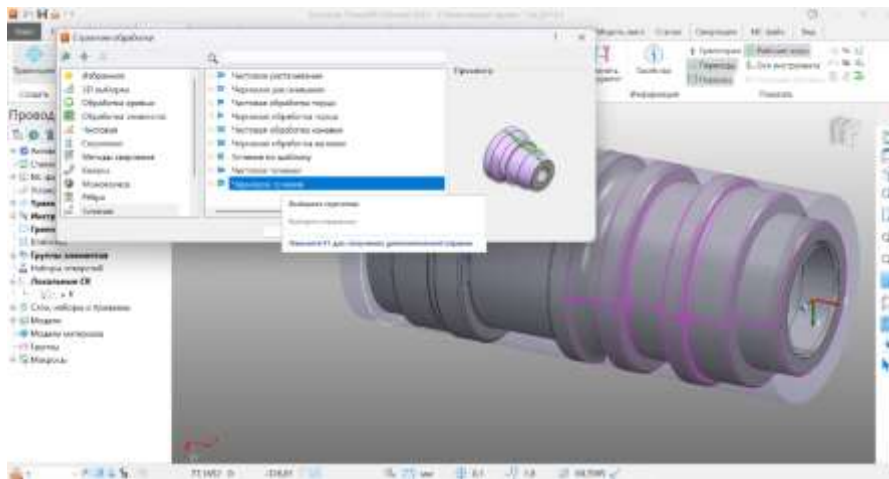


Рисунок 3.31 – Вибір стратегії обробки

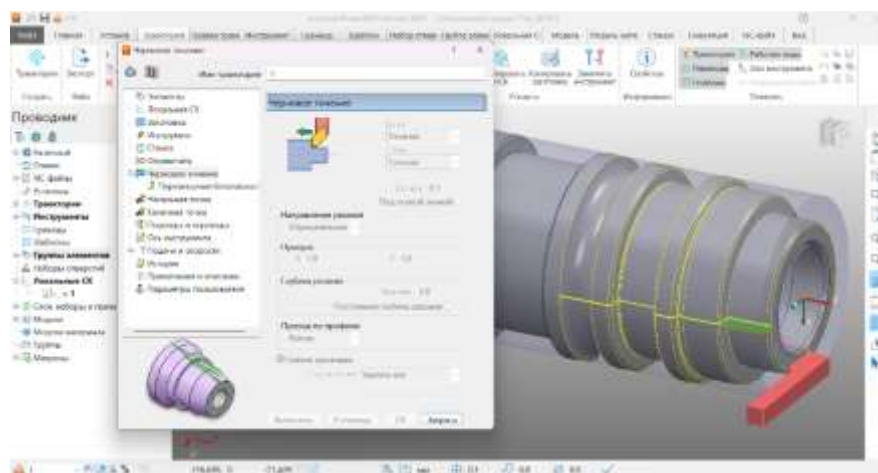


Рисунок 3.32 – Проектування чорнового точіння

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

74

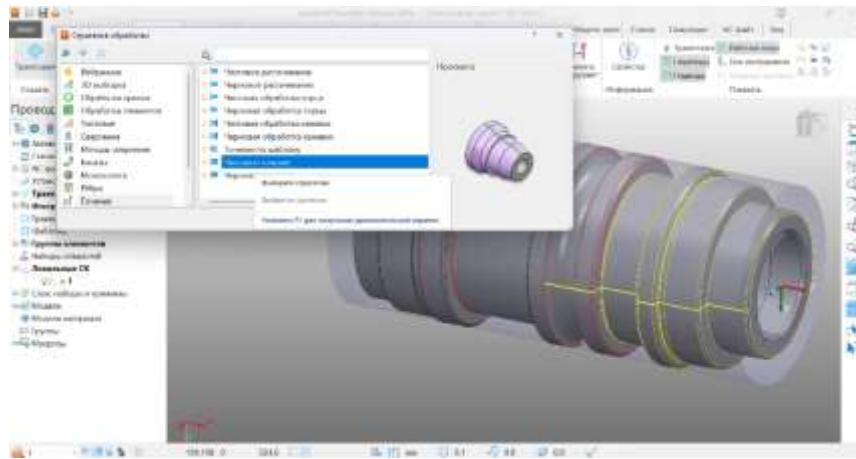


Рисунок 3.33 – Выбор стратегии обработки

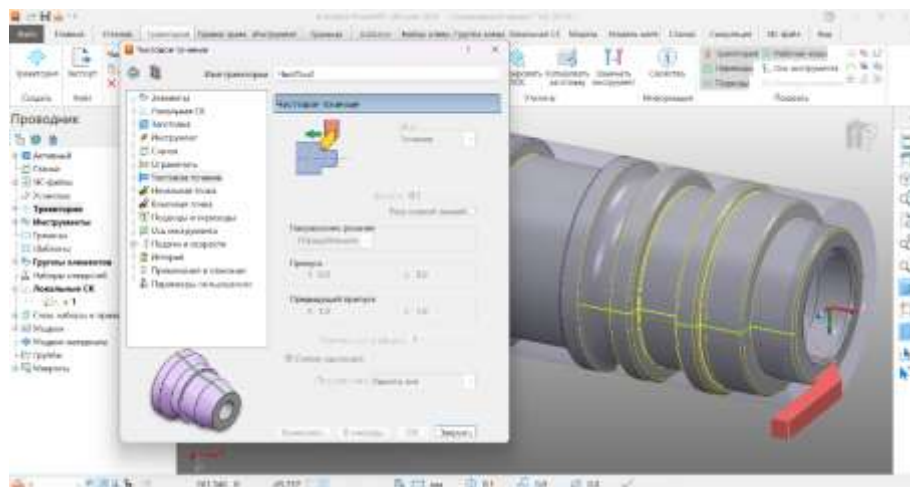


Рисунок 3.34 – Проектирование чистового точения

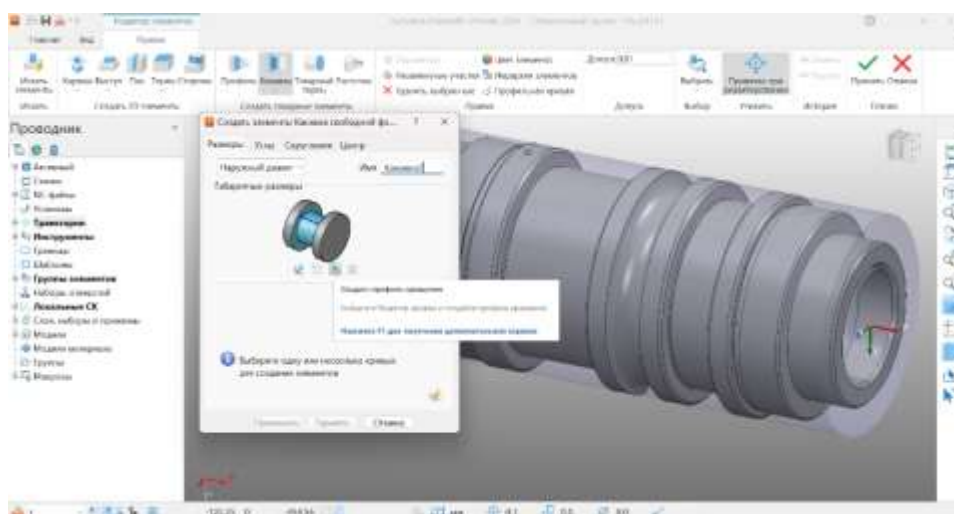


Рисунок 3.35 – Создание элемента «Канавка»

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

Арк.

75

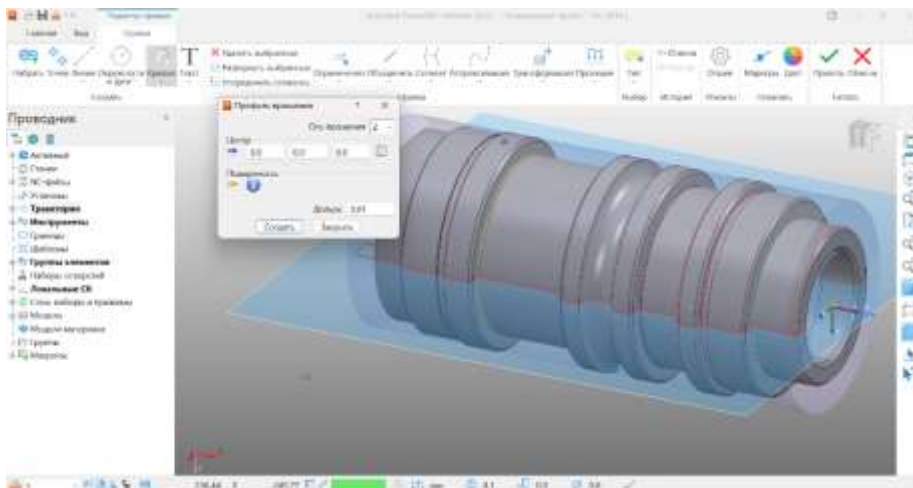


Рисунок 3.36 – Створення профілю обертання

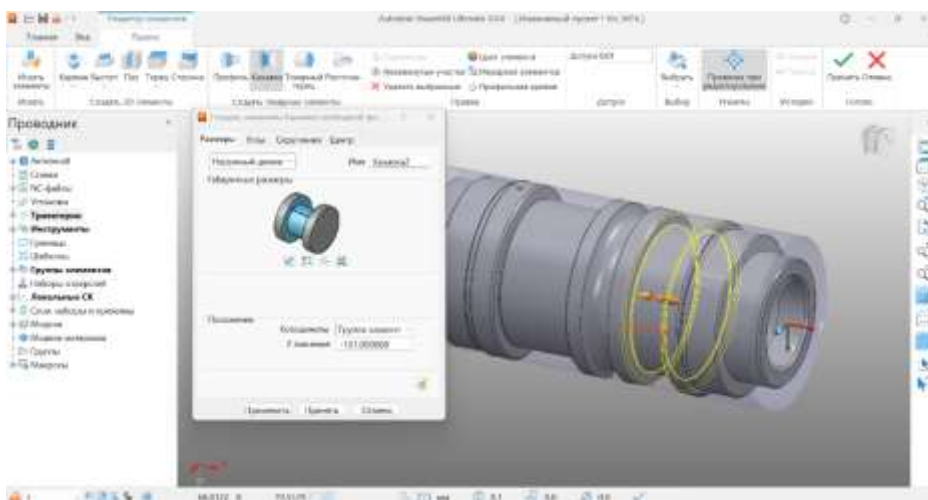


Рисунок 3.37 – Профіль канавки після редагування

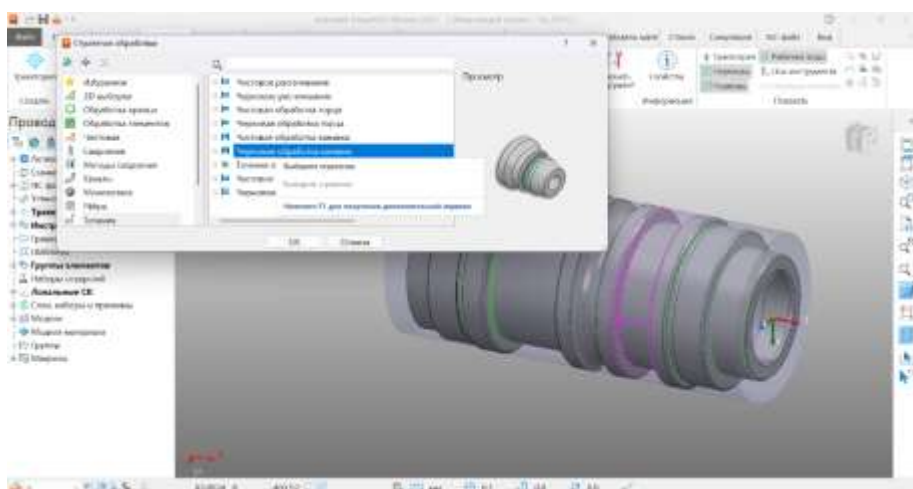


Рисунок 3.38 – Вибір стратегії обробки

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ

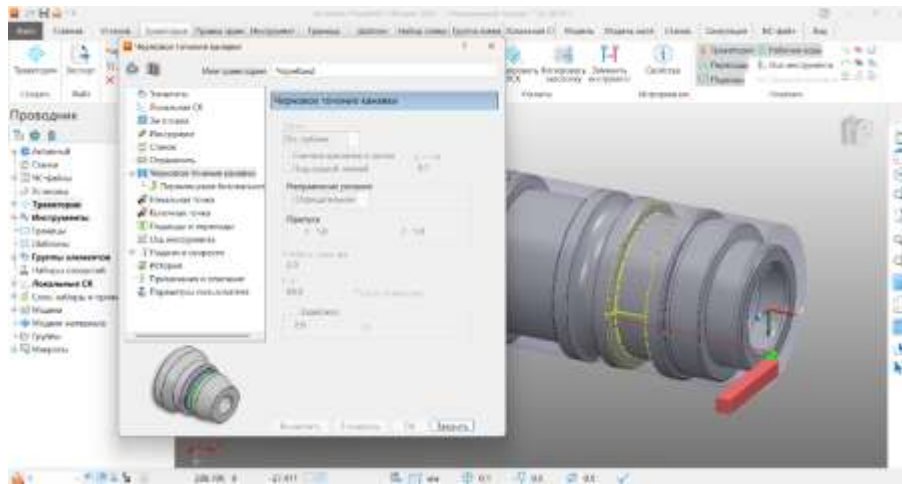


Рисунок 3.39 – Проектування чорного точіння канавки

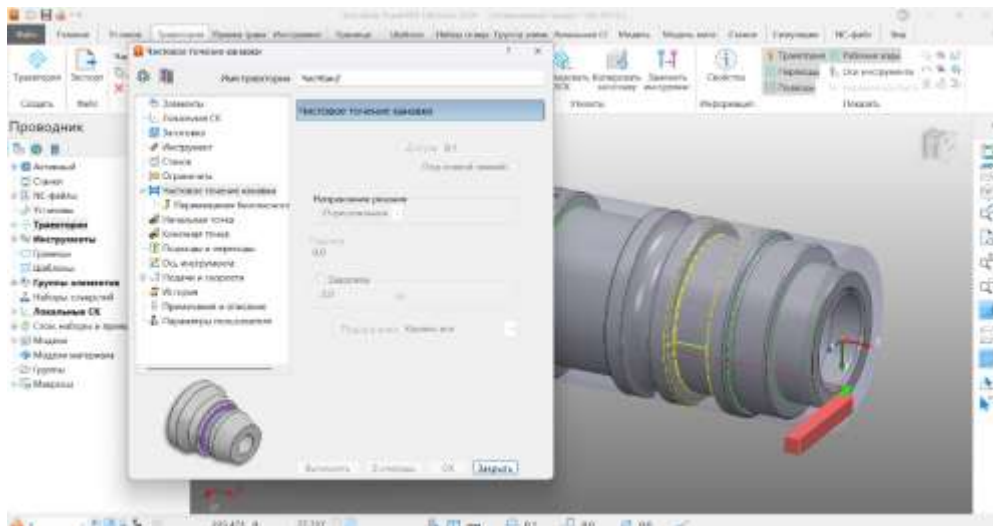


Рисунок 3.40 – Проектування чистового точіння канавки

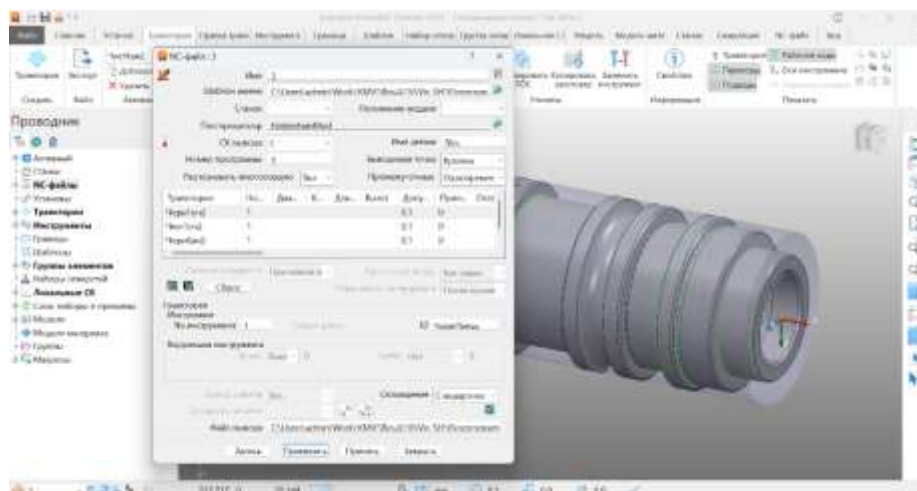


Рисунок 3.41 – Створення NC-файлу

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

## ВИСНОВКИ

В бакалаврській роботі запропоновано новий технологічний процес виготовлення осі шарошки Ш16.

Проектний техпроцес передбачає зміну типу заготовки - замість прокату використовується товстостінна труба, що дозволяє знизити вагу, а також і вартість заготовки. Використання обладнання з ЧПК дозволило зменшити кількість обладнання на 6 одиниць.

В бакалаврській роботі було проаналізовано призначення і конструкцію деталі, проведено аналіз технологічності конструкції деталі, обрано спосіб отримання заготовки – товстостінну трубу, виконано наліз базового технологічного процесу та розроблено маршрутну технологію. Було розраховано припуски на механічну обробку а режими різання, проведено нормування технологічного процесу. В конструкторській частині запропоновані конструкції пристроїв для фрезерних операцій. Створено керуючу програму на обробку деталі «Вісь Ш 16.2К-003» на верстаті з ЧПК.

В загальному було досягнуто:

- Для умов середньо-серійного виробництва розроблено технологічний процес механічної обробки «Вісь Ш 16.2К-003»
- Зменшення кількості обладнання на ділянці за рахунок використання верстатів з ЧПК

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						78
Зм.	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 8938:2019 Труби сталеві безшовні гарячеформовані
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/>

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						79
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Павленко І.І., Мажара В.А. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.

					<b>БР.ПМ-34.00.00.000 ПЗ</b>	Арк.
						80
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ДОДАТКИ

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|ЧОРНРИЗЕЦЬ| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 10 MM
105 ; PROGRAM NAME : 10
106 ; PART NAME    : ВІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:03:13
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|ЧОРНРИЗЕЦЬ| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 20 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-285.0
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z15.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧОРНТОЧІ
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 : ЧОРНРИЗЕЦЬ
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 X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X336.5 Z-81.9688 R0 FQ3
151 L X332.5 F0.2
152 L Z-149.4822
153 L X334.5 Z-150.4822
154 L X337.3284 Z-149.068
155 L Z-81.9688 FQ3
156 L X333.1938
157 L X329.1938 F0.2
158 L Z-119.4294
159 L X331.7684 Z-120.7175
160 L X332.3099 Z-121.1229
161 L X332.5 Z-121.6011
162 L X335.3284 Z-120.1868
163 L Z-81.9688 FQ3
164 L X329.8877
165 L X325.8877 F0.2
166 L Z-118.7503
167 L X326.8042 Z-118.7508
168 L X327.7598 Z-118.8462
169 L X328.5699 Z-119.1172
170 L X329.1938 Z-119.4294
171 L X332.0223 Z-118.0151
172 L Z-81.9688 FQ3
173 L X326.5815
174 L X322.5815 F0.2
175 L Z-118.7485
176 L X325.8877 Z-118.7503
177 L X328.7161 Z-117.336
178 L Z-81.9688 FQ3
179 L X323.2754
180 L X319.2754 F0.2
181 L Z-86.2824
182 L X321.9511 Z-87.9524
183 L X322.3588 Z-88.3198
184 L X322.5 Z-88.7338
185 L X322.5056 Z-118.7484
186 L X325.3341 Z-117.3342
187 L X326.5054 FQ3
188 L Z-81.9688
189 L X319.9692
190 L X315.9692 F0.2
191 L Z-84.2188
192 L X319.2754 Z-86.2824
193 L X322.1038 Z-84.8681
194 L X350.0 Z-60.0 FQ3
195 ; -----
196 ; END TOOLPATH : ЧОРНТОЧІ
197 ; -----

```

```

198 M09
199 M05
200 L M140 MBMAX FMAX
201 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
202 CYCL DEF 32.1
203 CYCL DEF 32.2
204 M30
205 END PGM 10 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|ЧИСТРИЗЕЦЬ|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 11 MM
105 ; PROGRAM NAME : 11
106 ; PART NAME    : ВІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:03:15
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|ЧИСТРИЗЕЦЬ|   | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 16 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-285.0
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z15.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧИСТТОЧІ
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 : ЧИСТРИЗЕЦЬ
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 X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X311.9074 Z-83.2831 R0 FQ3
151 L X314.4083 Z-84.844 F0.2
152 L X320.3902 Z-88.5777
153 L X320.4717 Z-88.6511
154 L X320.5 Z-88.7339
155 L X320.5058 Z-119.7473
156 L X326.802 Z-119.7508
157 L X326.9932 Z-119.7698
158 L X327.1552 Z-119.824
159 L X330.3537 Z-121.4243
160 L X330.462 Z-121.5054
161 L X330.5 Z-121.6011
162 L Z-149.8964
163 L X334.3535 Z-151.8232
164 L X334.4619 Z-151.9043
165 L X334.5 Z-152.0
166 L Z-266.3003
167 L X335.5353 Z-268.2322
168 L X350.0 Z-60.0 FQ3
169 ; -----
170 ; END TOOLPATH : ЧИСТТОЧІ
171 ; -----
172 M09
173 M05
174 L M140 MBMAX FMAX
175 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
176 CYCL DEF 32.1
177 CYCL DEF 32.2
178 M30
179 END PGM 11 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID      | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|ЧИСТРИЗЕЦЬ|   | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 11 MM
105 ; PROGRAM NAME : 11
106 ; PART NAME    : ВІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:03:15

```

```

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|ЧИСТРИЗЕЦЬ| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 16 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-285.0
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z15.0
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧИСТТОЧІ
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 : ЧИСТРИЗЕЦЬ
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 X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X311.9074 Z-83.2831 R0 FQ3
151 L X314.4083 Z-84.844 F0.2
152 L X320.3902 Z-88.5777
153 L X320.4717 Z-88.6511
154 L X320.5 Z-88.7339
155 L X320.5058 Z-119.7473
156 L X326.802 Z-119.7508
157 L X326.9932 Z-119.7698
158 L X327.1552 Z-119.824
159 L X330.3537 Z-121.4243
160 L X330.462 Z-121.5054
161 L X330.5 Z-121.6011
162 L Z-149.8964
163 L X334.3535 Z-151.8232
164 L X334.4619 Z-151.9043
165 L X334.5 Z-152.0
166 L Z-266.3003
167 L X335.5353 Z-268.2322
168 L X350.0 Z-60.0 FQ3
169 ; -----
170 ; END TOOLPATH : ЧИСТТОЧІ
171 ; -----
172 M09
173 M05
174 L M140 MBMAX FMAX
175 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
176 CYCL DEF 32.1
177 CYCL DEF 32.2
178 M30
179 END PGM 11 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|1 | | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 13 MM
105 ; PROGRAM NAME : 13
106 ; PART NAME : BICЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:03:19
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|1 | | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 13 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-285.0
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z15.0
125 ;

```

```
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
  Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH :
ЧИСТКАНАВКА1
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 :1
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 X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X338.5 Z-232.0232 R0 FQ3
151 L X334.3535 F0.2
152 L X330.3551 Z-230.024
153 L X330.1929 Z-229.9698
154 L X330.0016 Z-229.9507
155 L X313.9983 Z-229.95
156 L X338.5 FQ3
157 L Z-172.6721
158 L X334.3539 F0.2
159 L X330.3517 Z-174.6766
160 L X330.1894 Z-174.7309
161 L X329.9979 Z-174.75
162 L X313.9991
163 L X313.9983 Z-229.95
164 L X315.9983 Z-228.95
165 L X338.5 FQ3
166 L X350.0 Z-60.0
167 ; -----
168 ; END TOOLPATH : ЧИСТКАНАВКА1
169 ; -----
170 M09
171 M05
172 L M140 MBMAX FMAX
173 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
174 CYCL DEF 32.1
175 CYCL DEF 32.2
176 M30
```

```
177 END PGM 13 MM
100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|ЧОРПІЗЕЦЬ| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 30 MM
105 ; PROGRAM NAME : 30
106 ; PART NAME : BICЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:38:50
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 1|ЧОРПІЗЕЦЬ| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 33 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-
300.0001
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z-0.0001
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
  Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧОРПТОЧ2
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 : ЧОРПІЗЕЦЬ
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 X350.0 Y0.0 FMAX
```

145 L Z-60.0 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 X335.0 Z-96.8671 R0 FQ3  
151 L X331.0 F0.2  
152 L Z-158.7546  
153 L X331.4087 Z-158.8675  
154 L X331.7683 Z-159.0165  
155 L X334.5 Z-160.3823  
156 L X337.3284 Z-158.9681  
157 L Z-96.8671 FQ3  
158 L X331.5  
159 L X327.5 F0.2  
160 L Z-158.636  
161 L X330.0293 Z-158.6505  
162 L X330.5251 Z-158.6782  
163 L X331.0 Z-158.7546  
164 L X333.8284 Z-157.3404  
165 L Z-96.8671 FQ3  
166 L X327.7837  
167 L X323.7837 F0.2  
168 L Z-129.1242  
169 L X326.7684 Z-130.6176  
170 L X327.3099 Z-131.023  
171 L X327.5 Z-131.5012  
172 L X330.3284 Z-130.087  
173 L Z-96.8671 FQ3  
174 L X324.0674  
175 L X320.0674 F0.2  
176 L Z-128.6506  
177 L X321.8024 Z-128.6509  
178 L X322.759 Z-128.7462  
179 L X323.5699 Z-129.0173  
180 L X323.7837 Z-129.1242  
181 L X326.6121 Z-127.71  
182 L Z-96.8671 FQ3  
183 L X320.3511  
184 L X316.3511 F0.2  
185 L Z-128.6499  
186 L X320.0674 Z-128.6506  
187 L X322.8958 Z-127.2363  
188 L Z-96.8671 FQ3  
189 L X316.6348  
190 L X312.6348 F0.2  
191 L Z-128.6493  
192 L X316.3511 Z-128.6499  
193 L X319.1795 Z-127.2357  
194 L Z-96.8671 FQ3  
195 L X312.9185  
196 L X308.9185 F0.2  
197 L Z-128.6487  
198 L X312.6348 Z-128.6493

199 L X315.4632 Z-127.2351  
200 L Z-96.8671 FQ3  
201 L X309.2021  
202 L X305.2021 F0.2  
203 L Z-128.648  
204 L X308.9185 Z-128.6487  
205 L X311.7469 Z-127.2345  
206 L Z-96.8671 FQ3  
207 L X305.4858  
208 L X301.4858 F0.2  
209 L Z-100.9762  
210 L X301.7682 Z-101.1175  
211 L X302.3098 Z-101.5229  
212 L X302.5 Z-102.001  
213 L X302.5056 Z-128.6476  
214 L X305.2021 Z-128.648  
215 L X308.0306 Z-127.2338  
216 L Z-96.8671 FQ3  
217 L X301.7695  
218 L X297.7695 F0.2  
219 L Z-99.1171  
220 L X301.4858 Z-100.9762  
221 L X304.3143 Z-99.562  
222 L X350.0 Z-60.0 FQ3  
223 ; -----  
224 ; END TOOLPATH : ЧОРНТОЧ2  
225 ; -----  
226 M09  
227 M05  
228 L M140 MBMAX FMAX  
229 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE  
230 CYCL DEF 32.1  
231 CYCL DEF 32.2  
232 M30  
233 END PGM 30 MM  
  
100 ; -----  
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH  
102 ; -----  
103 ; 1|ЧИСТРИЗЕЦЬ| | 0.0 |  
104 ; -----  
0.00 BEGIN PGM 31 MM  
105 ; PROGRAM NAME : 31  
106 ; PART NAME : BICЬ  
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -  
18:38:53  
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN  
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0  
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142  
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD  
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1  
113 ;  
114 ; -----

```

115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 1|ЧИСТРИЗЕЦЬ| | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 14 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-
300.0001
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z-0.0001
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧИСТТОЧ2
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 : ЧИСТРИЗЕЦЬ
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 X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X293.5273 Z-98.4094 R0 FQ3
151 L X296.3549 Z-99.824 F0.2
152 L X300.3536 Z-101.8244
153 L X300.462 Z-101.9055
154 L X300.5 Z-102.0011
155 L X300.5058 Z-129.6473
156 L X321.8017 Z-129.6509
157 L X321.993 Z-129.6699
158 L X322.1552 Z-129.7241
159 L X325.3537 Z-131.3244
160 L X325.462 Z-131.4055
161 L X325.5 Z-131.5012
162 L Z-159.6245
163 L X330.0063 Z-159.6504
164 L X330.1945 Z-159.67
165 L X330.3541 Z-159.7236
166 L X334.3535 Z-161.7233
167 L X334.4619 Z-161.8044
168 L X334.5 Z-161.9001
169 L Z-241.1001
170 L X335.5353 Z-243.032
171 L X350.0 Z-60.0 FQ3
172 ; -----
173 ; END TOOLPATH : ЧИСТТОЧ2
174 ; -----
175 M09
176 M05
177 L M140 MBMAX FMAX
178 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
179 CYCL DEF 32.1
180 CYCL DEF 32.2
181 M30
182 END PGM 31 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|1 | | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 32 MM
105 ; PROGRAM NAME : 32
106 ; PART NAME : БІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:38:55
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 1|1 | | 0.0 |
118 ; -----
119 ;
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM
DURATION: 0 HOURS 0 MIN 21 SEC
122 ;
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-
300.0001
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z-0.0001
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----

```

129 ; START TOOLPATH : ЧОПКАН2  
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 :1  
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 X350.0 Y0.0 FMAX  
145 L Z-60.0 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 X338.5 Z-180.6501 R0 FQ3  
151 L X330.5 F0.2  
152 L X334.5  
153 L X326.5  
154 L X330.5  
155 L X322.5  
156 L X326.5  
157 L X318.5  
158 L X322.5  
159 L X315.9991  
160 L X319.9991  
161 L X338.5 FQ3  
162 L Z-184.6501  
163 L X330.5 F0.2  
164 L X334.5  
165 L X326.5  
166 L X330.5  
167 L X322.5  
168 L X326.5  
169 L X318.5  
170 L X322.5  
171 L X315.9991  
172 L X317.4133 Z-183.943  
173 L X338.5 FQ3  
174 L Z-188.6501  
175 L X330.5 F0.2  
176 L X334.5  
177 L X326.5  
178 L X330.5  
179 L X322.5  
180 L X326.5  
181 L X318.5

182 L X322.5  
183 L X315.9991  
184 L X317.4133 Z-187.943  
185 L X338.5 FQ3  
186 L Z-192.6501  
187 L X330.5 F0.2  
188 L X334.5  
189 L X326.5  
190 L X330.5  
191 L X322.5  
192 L X326.5  
193 L X318.5  
194 L X322.5  
195 L X315.9991  
196 L X317.4133 Z-191.943  
197 L X338.5 FQ3  
198 L Z-196.6501  
199 L X330.5 F0.2  
200 L X334.5  
201 L X326.5  
202 L X330.5  
203 L X322.5  
204 L X326.5  
205 L X318.5  
206 L X322.5  
207 L X315.9991  
208 L X317.4133 Z-195.943  
209 L X338.5 FQ3  
210 L Z-200.6501  
211 L X330.5 F0.2  
212 L X334.5  
213 L X326.5  
214 L X330.5  
215 L X322.5  
216 L X326.5  
217 L X318.5  
218 L X322.5  
219 L X315.9991  
220 L X317.4133 Z-199.943  
221 L X338.5 FQ3  
222 L Z-204.6501  
223 L X332.8355 F0.2  
224 L X334.2498 Z-203.943  
225 L X338.5 FQ3  
226 L Z-178.285  
227 L X335.7658 F0.2  
228 L X331.033 Z-180.6501  
229 L X315.9991  
230 L X338.5 FQ3  
231 L Z-206.1162  
232 L X335.7678 F0.2  
233 L X331.0361 Z-203.7504  
234 L X315.9991 Z-203.7501  
235 L Z-180.6501

```

236 L X317.9991 Z-181.6501
237 L X338.5 FQ3
238 L X350.0 Z-60.0
239 ; -----
240 ; END TOOLPATH : ЧОРКАН2
241 ; -----
242 M09
243 M05
244 L M140 MBMAX FMAX
245 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
246 CYCL DEF 32.1
247 CYCL DEF 32.2
248 M30
249 END PGM 32 MM

100 ; -----
101 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|1 | | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 33 MM
105 ; PROGRAM NAME : 33
106 ; PART NAME : БІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 -
18:38:57
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
113 ;
114 ; -----
115 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
117 ; 1|1 | | 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-67.0 Y-67.0 Z-
300.0001
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z-0.0001
125 ;
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧИСТКАН2
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 : 1
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 X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X338.5 Z-206.8233 R0 FQ3
151 L X334.3535 F0.2
152 L X330.3541 Z-204.8236
153 L X330.1919 Z-204.7694
154 L X330.0006 Z-204.7504
155 L X313.9991 Z-204.7501
156 L X338.5 FQ3
157 L Z-177.5777
158 L X334.352 F0.2
159 L X330.3513 Z-179.5769
160 L X330.1892 Z-179.6311
161 L X329.9979 Z-179.6501
162 L X313.9991
163 L Z-204.7501
164 L X315.9991 Z-203.7501
165 L X338.5 FQ3
166 L X350.0 Z-60.0
167 ; -----
168 ; END TOOLPATH : ЧИСТКАН2
169 ; -----
170 M09
171 M05
172 L M140 MBMAX FMAX
173 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
174 CYCL DEF 32.1
175 CYCL DEF 32.2
176 M30
177 END PGM 33 MM

```

<i>Дубл.</i>			
<i>Взамін.</i>			
<i>Підпис</i>			


<i>Зм</i>	<i>Ар</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>

--	--	--	--	--

<i>І Ф Н Т У Н Г</i>		<i>01140.00001</i>	
<i>Вісь Ш 16.2 К-003</i>			<i>Н</i>

*«Затверджую»*

*Зав.кафедрою*

***КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації***

Технологічний процес  
механічної обробки деталі  
Вісь Ш 16.2 К-003

*Розробив Берчак В.В.*

*Перевірів Лукань Т.В.*

*Акт № \_\_\_\_\_ від “ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ р.*

--	--



Дубл.																
Взамін.																
Підпис										Зм	Ар	Недок.	Підпис	Дата		
Розробив	Берчак В.В.			І Ф Д Т У Н Г	ПМ-21-1											
Перевірів	Лукань Т.В.															
Н. контр.	Лукань Т.В.															
				Вісь Ш 16.2К - 003												
Затв.	Панчук В.Г.															
Р				ПН	Дабо В	L	t	i	s	n	v					
001	4. Точити центрову фаску $\varnothing 78,5$ мм.															
T02	Різець токарний 2100-0567 Т5К10 ГОСТ 18868															
03	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ГОСТ 166															
04	Штангенглибиномір ШГ-II-400 ГОСТ 162															
05																
P06					$\varnothing 136,5$	160	1,75	1	1,0	160	70,4					
07																
O08	5. Відрізати заготовку															
T09	Різець відрізний 2130-0521 Т5К10 ГОСТ 18868															
10	Штангенциркуль ШЦ-II-250 ГОСТ 166															
11	Штангенглибиномір ШГ-II-400 ГОСТ 162															
12																
P13					$\varnothing 136,5 \times 34,25$		6,0	1	0,2	125	53,6					
14																
15	6. Покласти деталь в тару															
16	Технологічна тара															
17	Маніпулятор КШ-160М															
18																
19																
20																
21																
22																
23																
OK																











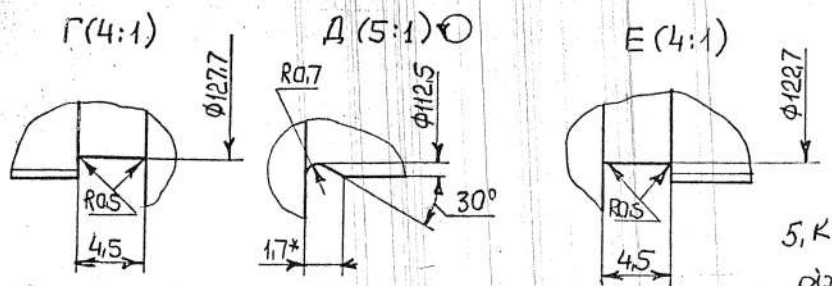
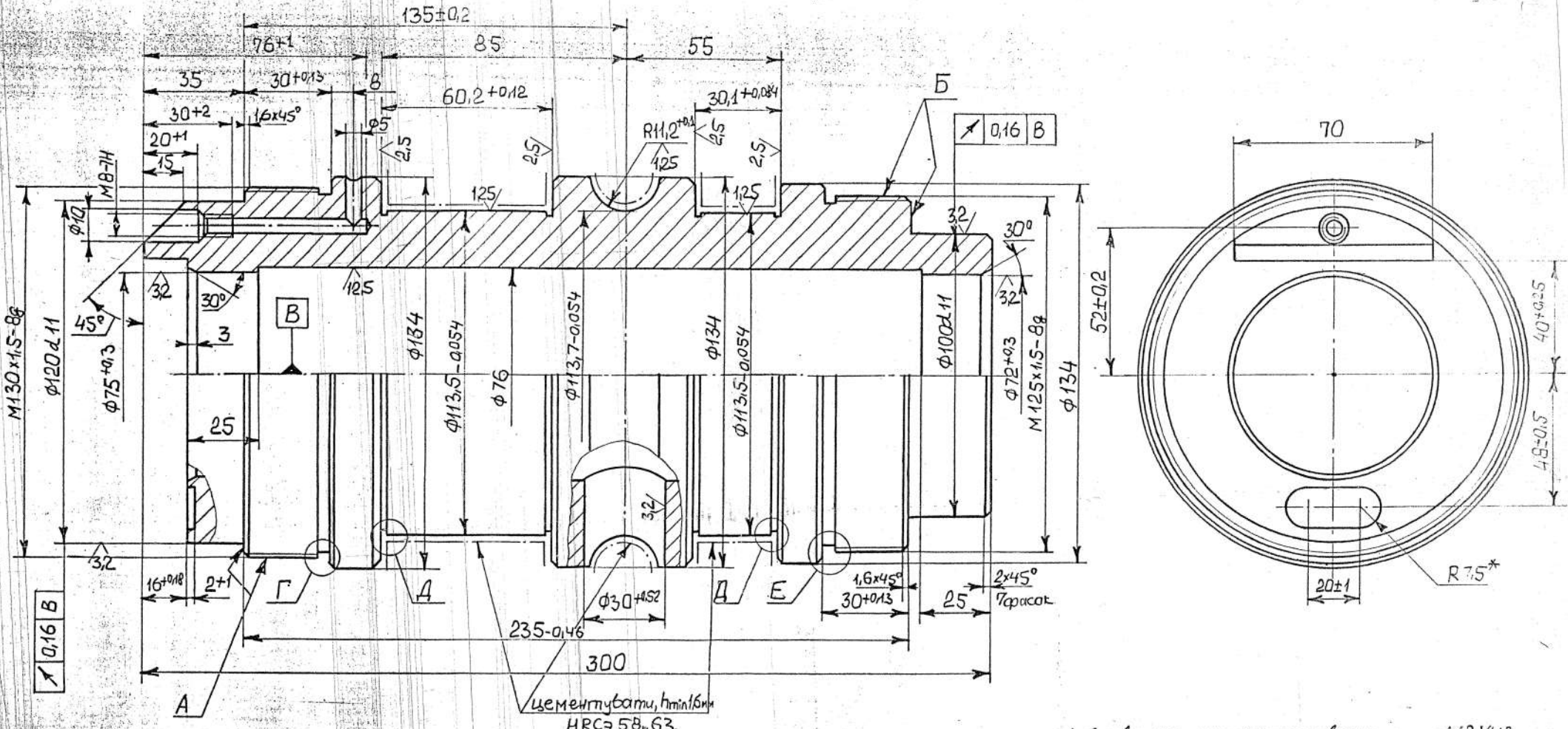
Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			БР.ПМ-34.02.00.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
		1	БР.ПМ-34.02.00.001	Плита	1	
		2	БР.ПМ-34.02.00.002	Призма	1	
		3	БР.ПМ-34.02.00.003	Планка	1	
		4	БР.ПМ-34.02.00.004	Установ	4	
		5	БР.ПМ-34.02.00.005	П'ята упорна	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		6		Гвинт В.М5-8gx12.48	8	
				DIN 963		
		7		Гвинт В.М6-8gx16.48	2	
				DIN912		
		8		Гвинт М16x40.88	2	
				ДСТУ ISO 4762:2006		
		9		Гайка М16-7Н.5	4	
				ДСТУ ГОСТ 5915:2008		
		10		Шайба 16.01.08кп	4	
				DIN 6340		
		11		Шпонка 7031-0655	2	
				DIN 1473		

					<b>БР.ПМ-34.02.00.000СК</b>		
Зм.	Арк	Недокум	Підпис	Дата			
Розробив					Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.					Н	1	2
Ре ценз.					ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Н.контр.							
Затв.							
					<b>Пристрій Фрезерно-свердлильний</b>		



Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			БР.ПМ -34.01.00.000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	БР.ПМ -34.01.10.000 СК	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		2	БР.ПМ -34.01.00.001	Центр	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		3		Гвинт В.М6-8gx16.48	2	
				DIN912		
		4		Гвинт М10-8gx30.88	1	
				DIN 912		
		5		Гвинт М16-8gx120.88	3	
				DIN 912		
		6		Патрон 7100-0065	1	
				DIN 6350		
		7		Шпонка 7031-0655	2	
				DIN 1473		

					<b>БР.ПМ -34.01.00.000СК</b>		
Зм.	Арк	№докум	Підпис	Дата			
Розробив					Літ.	Арк	Аркушів
Перевір.					Н	1	1
Ре ценз.					ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Н.контр.							
Затв.							
					Пристрій фрезерний		



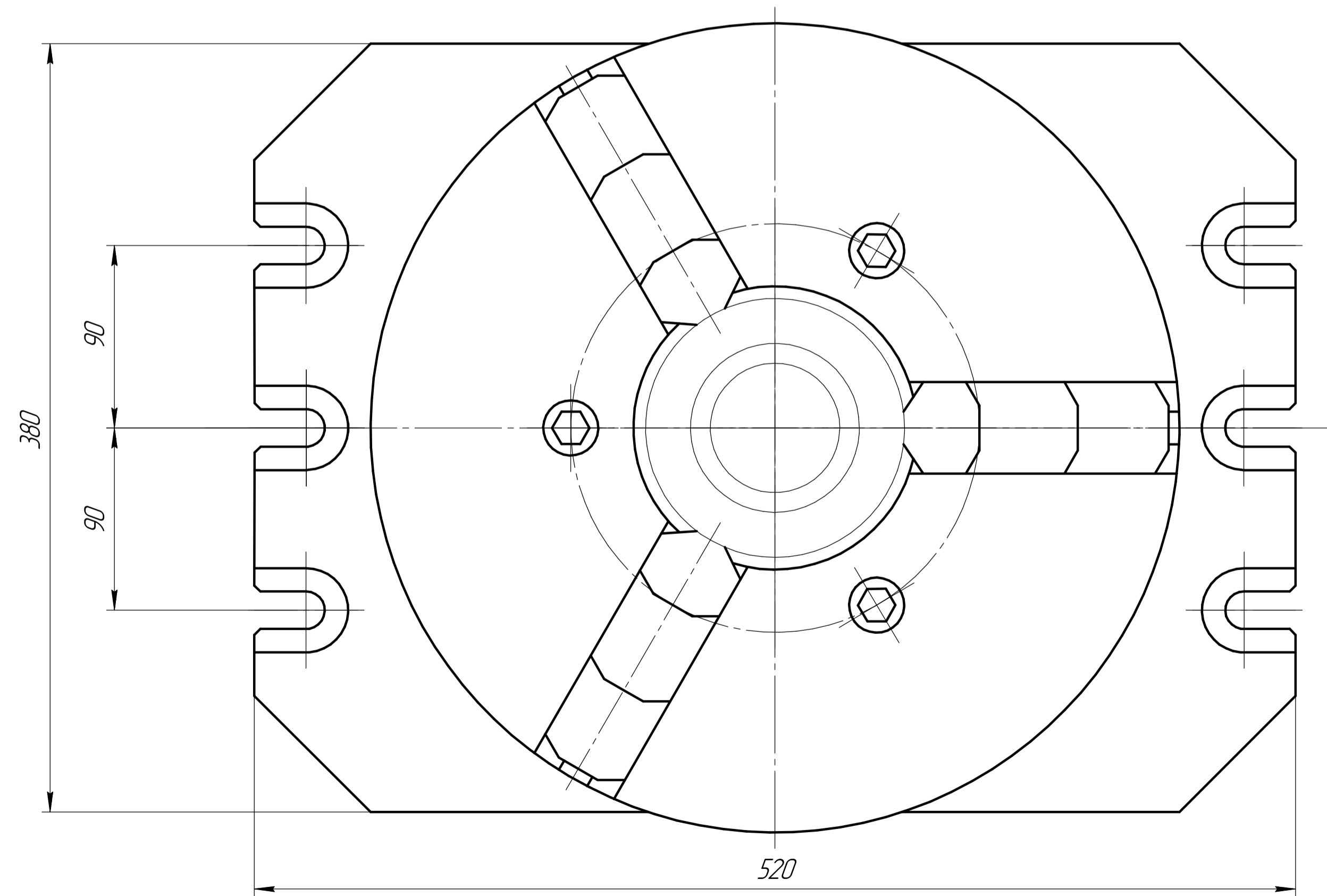
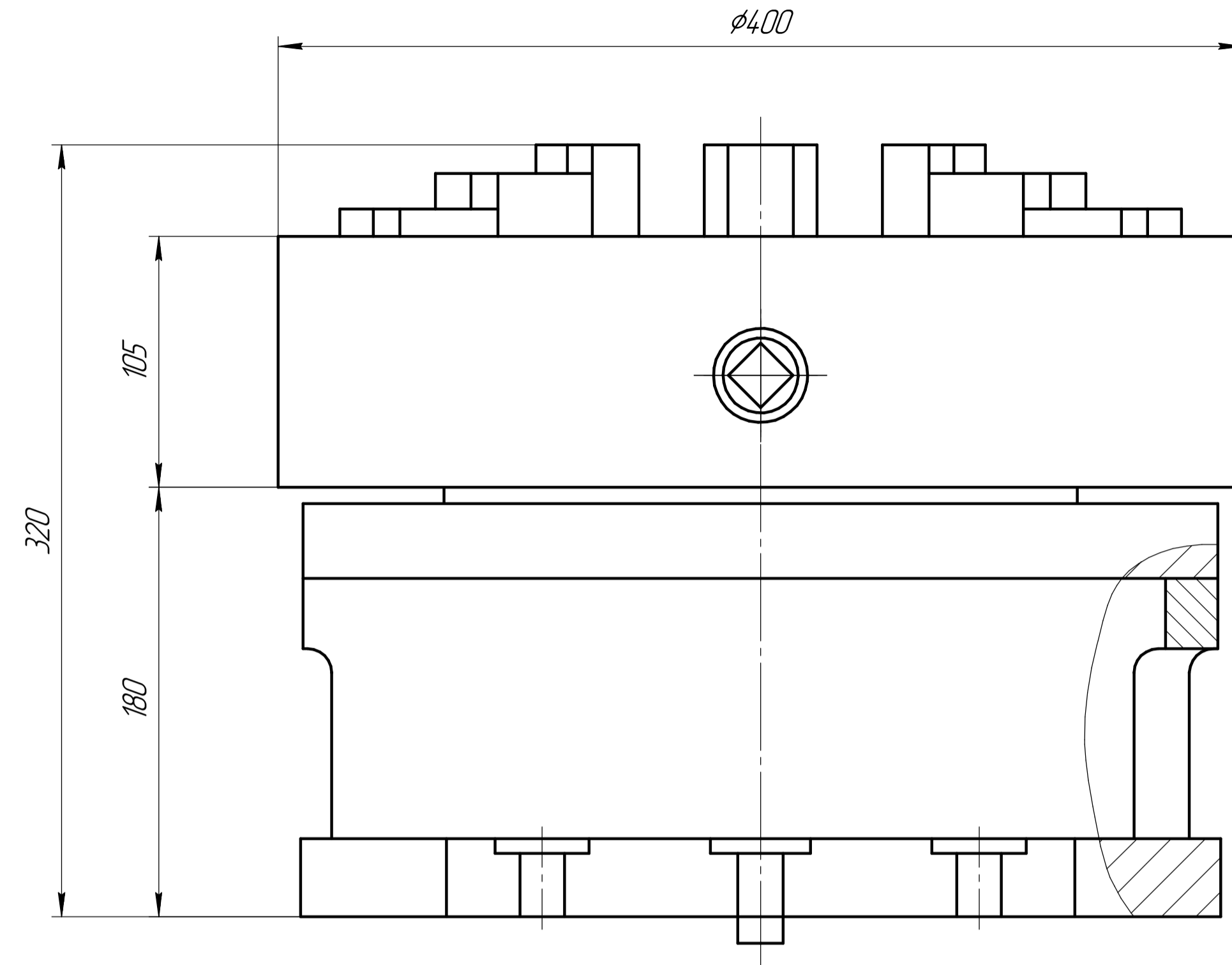
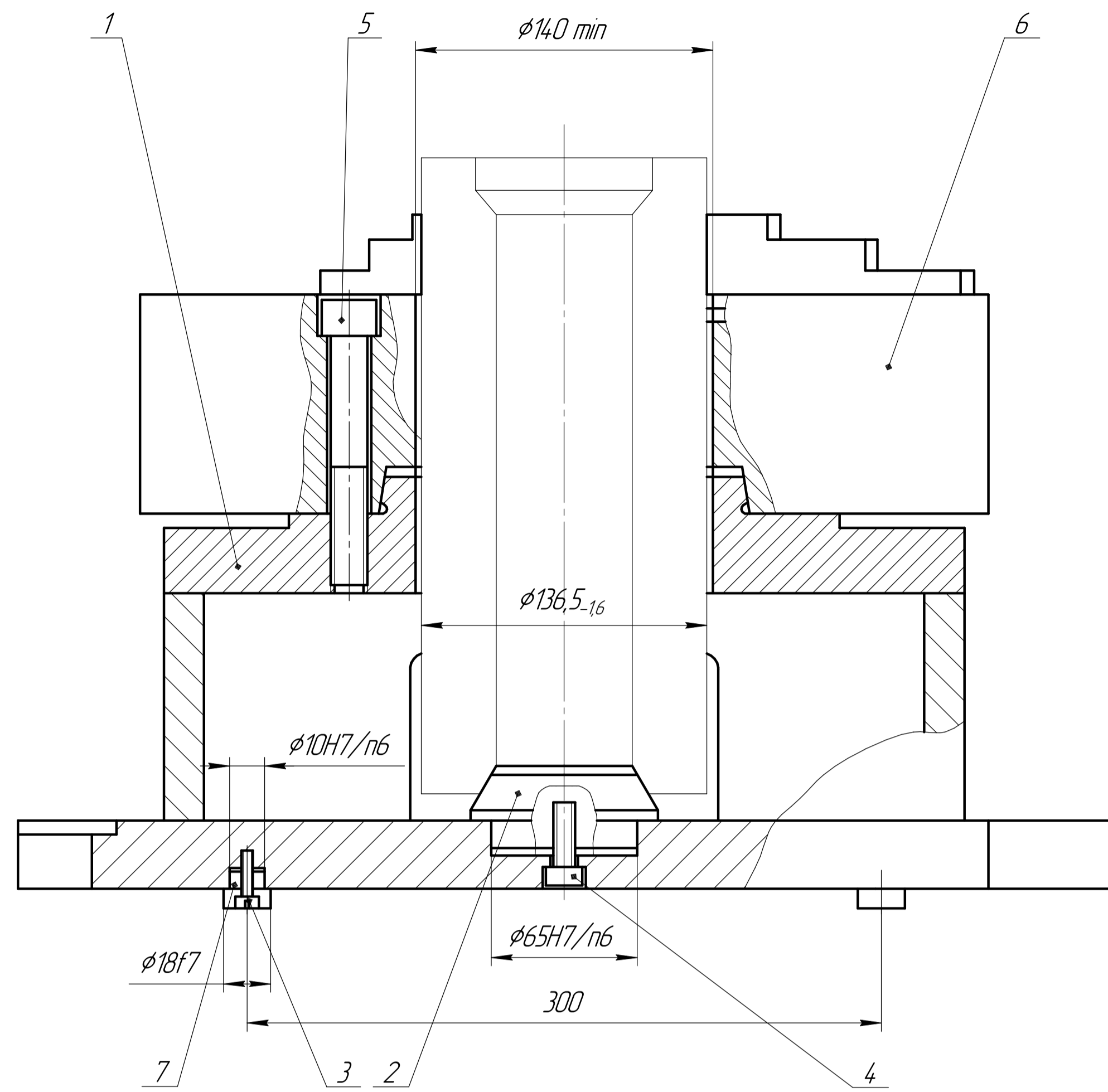
1. Дозволяється застосування сталі 12ХН2 ГОСТ4543.
- 2.\* Розміри для довідок.
3. Поверхні А і Б від цементуції захистити.
4. h14; h14; ±IT14/2; ±AT14/2.

5. Кінцеву обробку діжок до-різок проводити з одного уста-новлення. Радіальне діття до-різок відносно бази в невідчел,06мм.

ЦЛ16.2К-003				Іт. маса	Масштаб
Вісь				16	1:1
Сталь 20ХН3АГОСТ4543				Аркуш	Кількість
				ВАН. АА 3"	

Додаток 1  
1-703-8  
Лист 1 з 1  
Відомості про виконавця  
Відомості про замовника  
Відомості про проектанта  
Відомості про конструктора  
Відомості про вільні місця

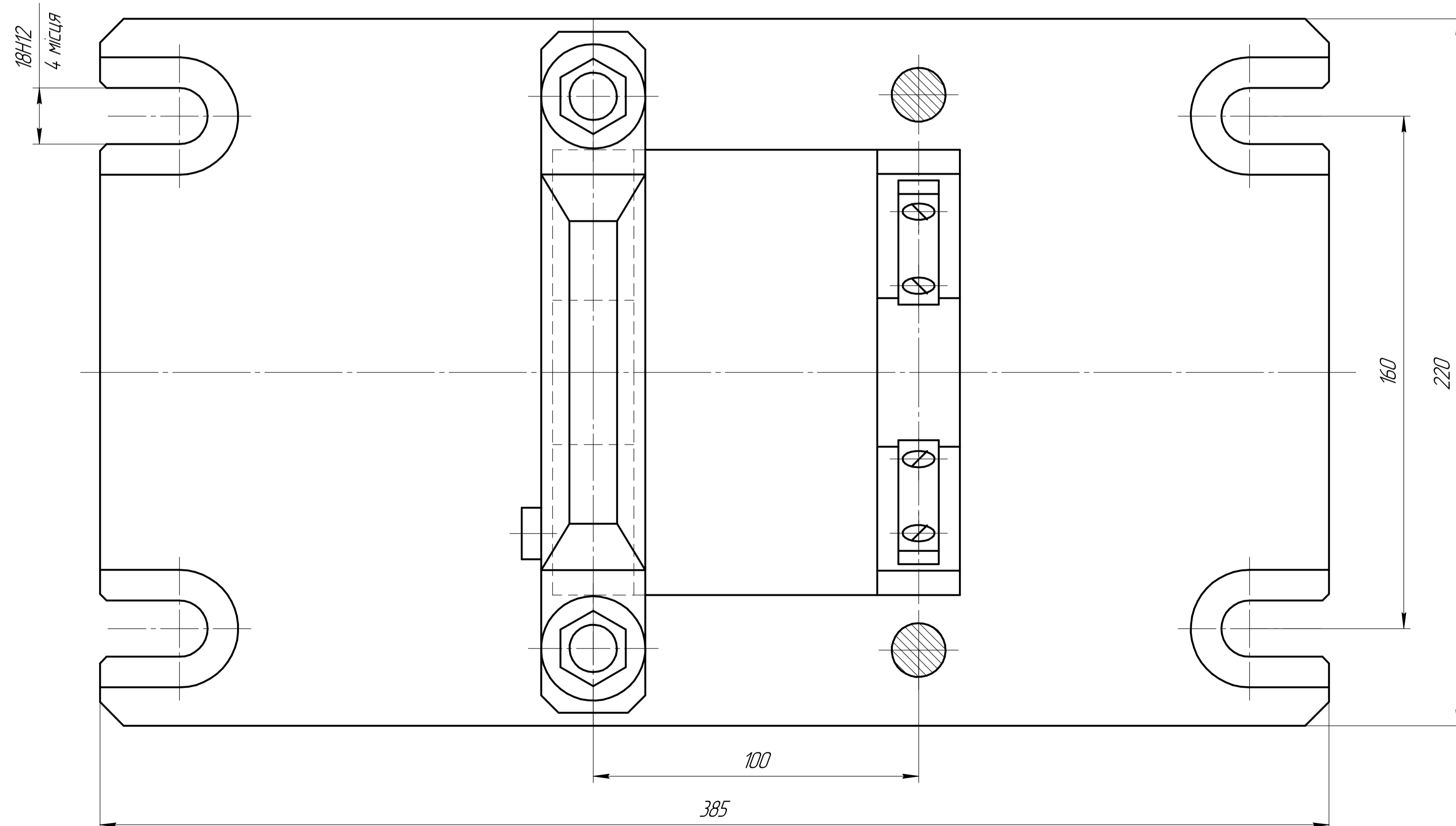
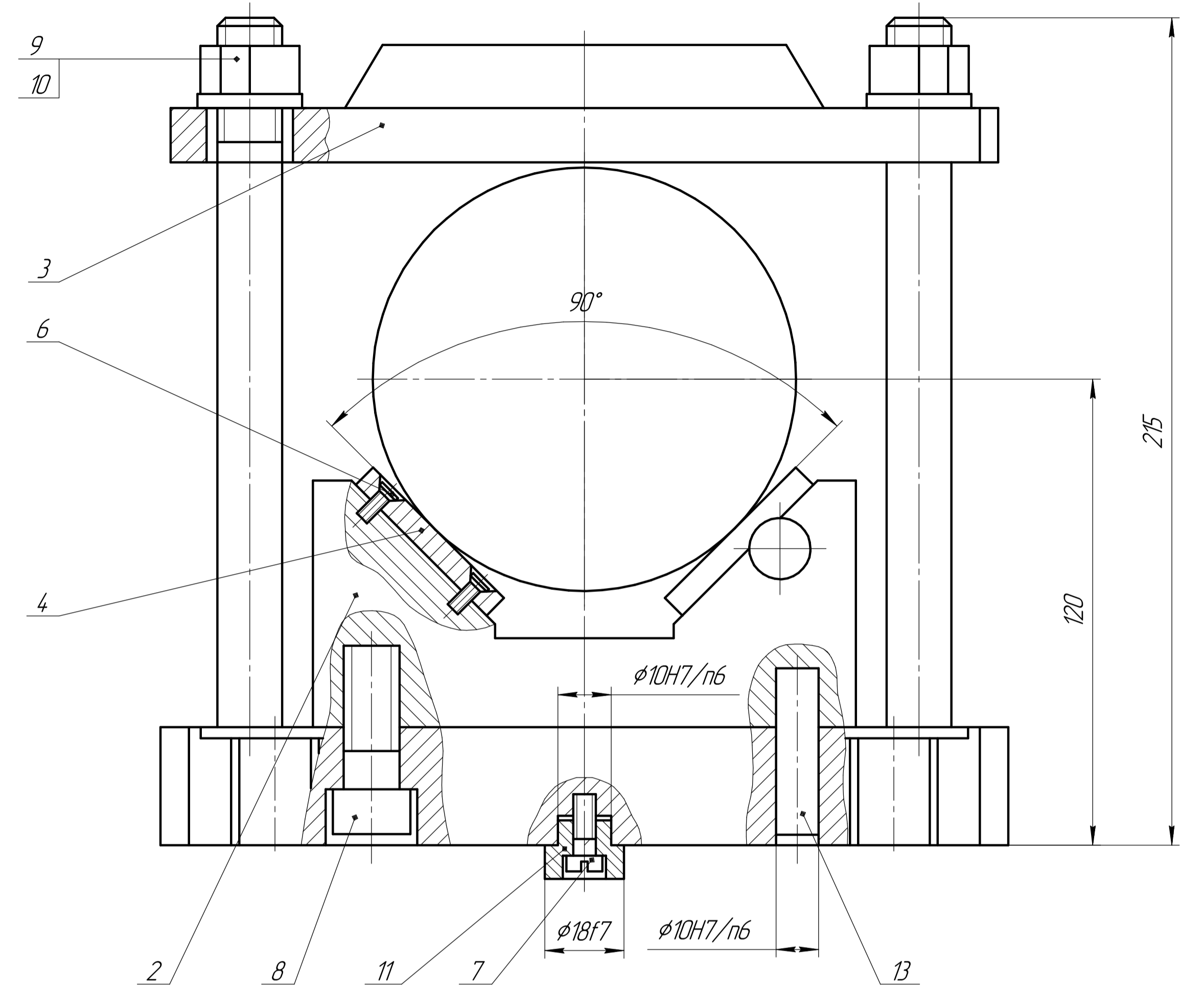
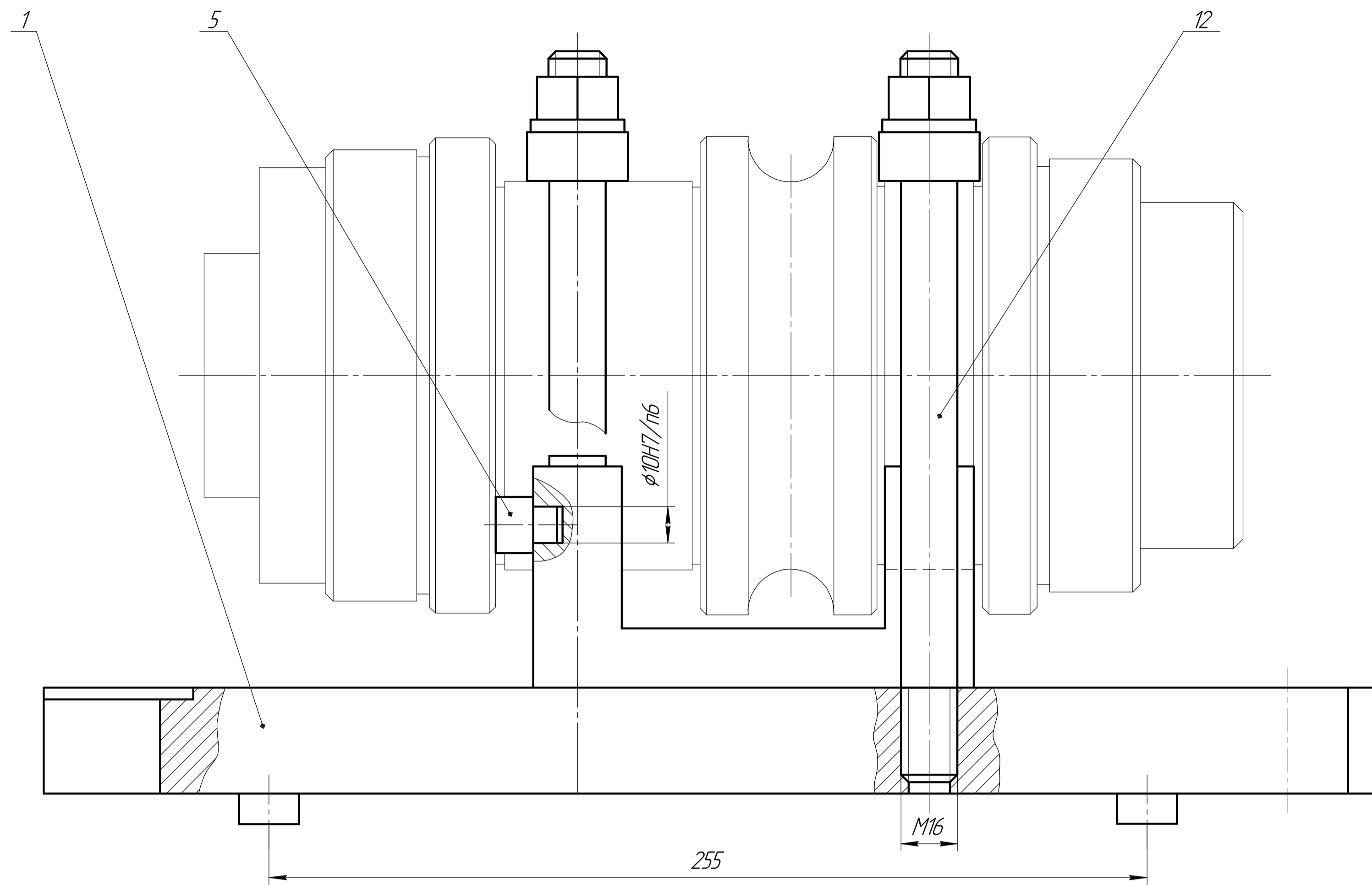




1\* Розміри для довідок  
 2 Неспіввісність центра дет. поз. 2 і патрона роз. 6 не більше 0,03 мм  
 3 Маркувати: позначення, застосування  
 5 Застосування: Ш16.2К-003  
 6 6 Пристрій призначений для обробки на верстаті Haas DM-23

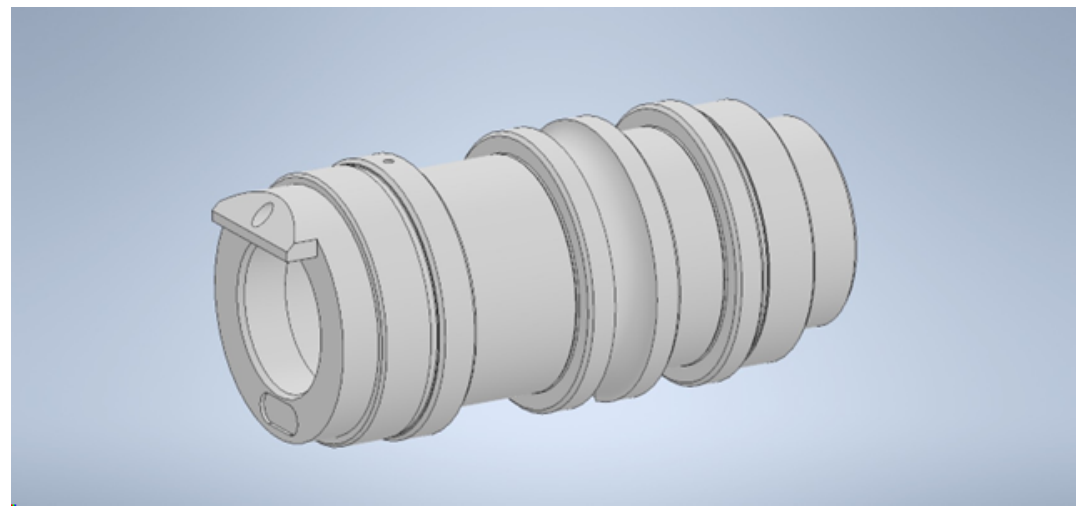
				<b>БР.ПМ-34.02.00.000 СК</b>			
Зм. Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пристрій	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Берчак В.В.				фрезерний		
Перевірив	Лукань Т.В.				Аркуш	Аркуше	1
Т.контр.	Лукань Т.В.				ІФНТУНГ		
Рецензент					ПМ-21-1		
Н.контр.	Лукань Т.В.				Формат А1		
Затвердив	Панчук В.Г.				Копіює		

Інв. № проєкту, Пліт. і дата, Взам. інв. №, Інв. № дробл., Пліт. і дата, Назначення, №, Період, дата

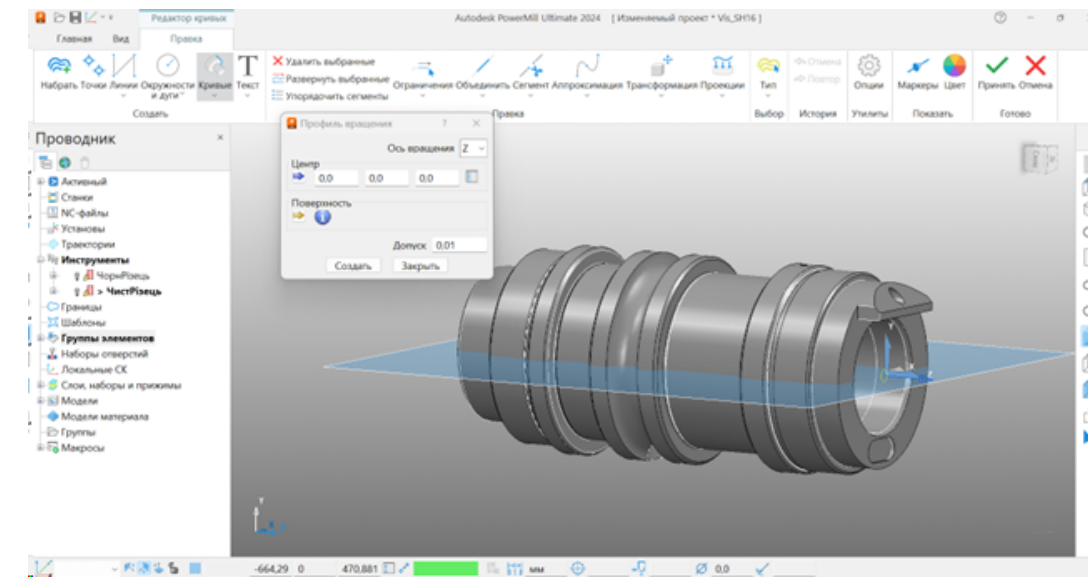


- 1\* Розміри для довідок
- 2 Пристрій кріпити на столі верстату болтами до верстатних пазів
- 3 Маркувати: позначення, застосування
- 5 Застосування: Ш16.2К-003
- 6 Пристрій призначений для обробки на верстаті Haas DM-2

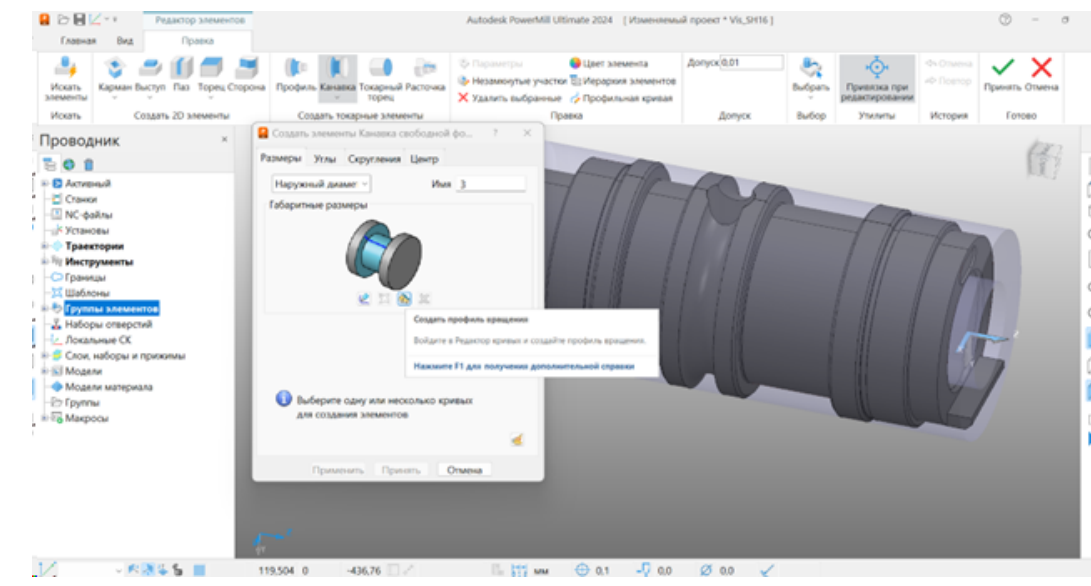
БР.ПМ-34.03.00.000 СК				Літ.	Маса	Масштаб
Пристрій фрезерно-свердильний						1:1
Зм. Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Аркуш	Аркуше	1
Розробив	Берчак В.В.			ІФНТЧНГ		
Перевірив	Лукань Т.В.			ПМ-21-1		
Т.контр.	Лукань Т.В.			Формат А1		
Рецензент						
Н.контр.	Лукань Т.В.					
Затвердив	Панчук В.Г.					



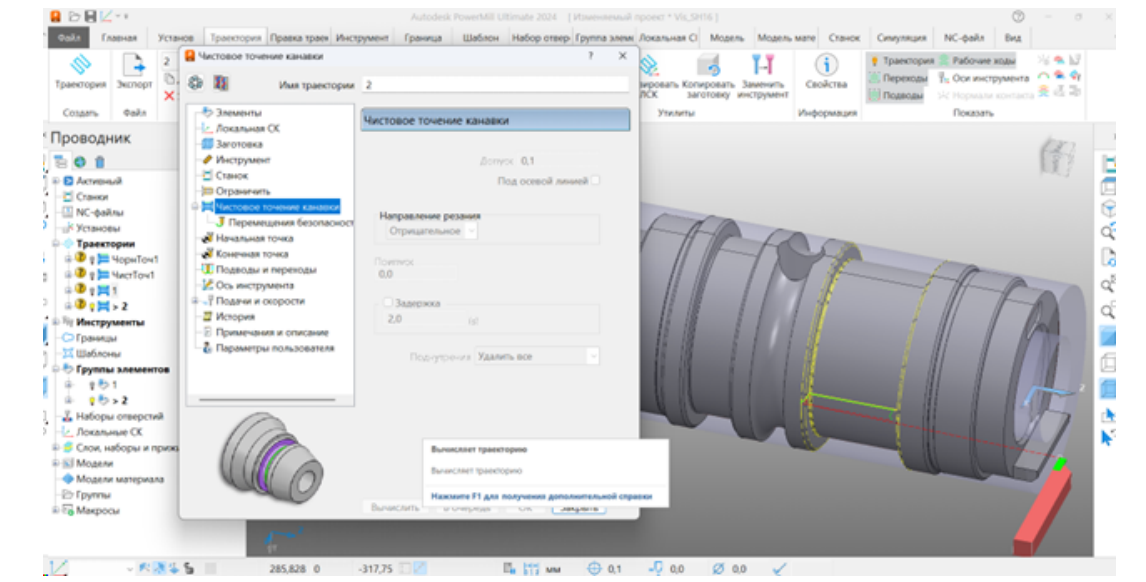
3D-модель деталі



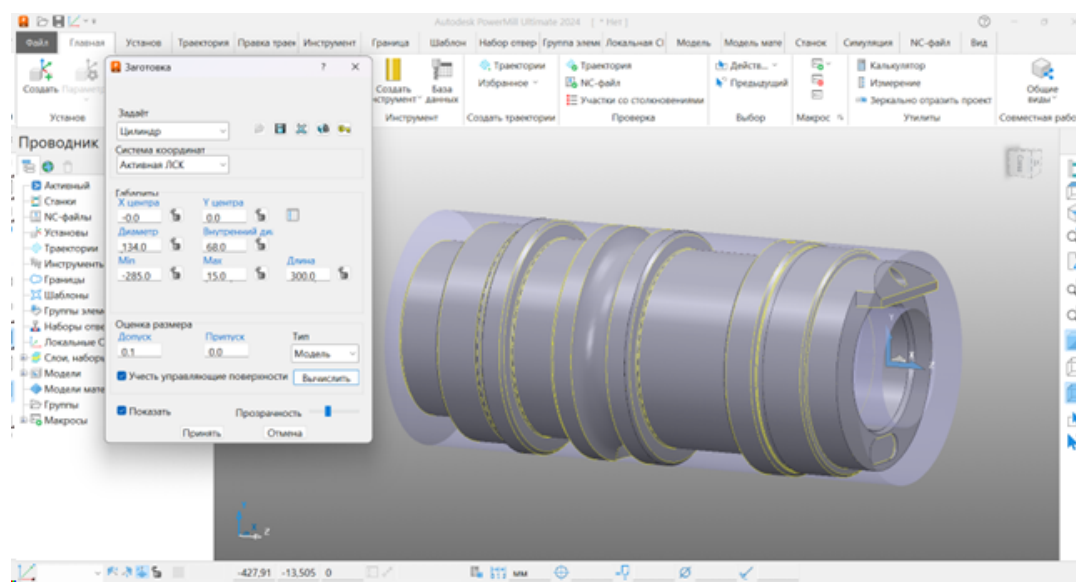
Перетин деталі площиною



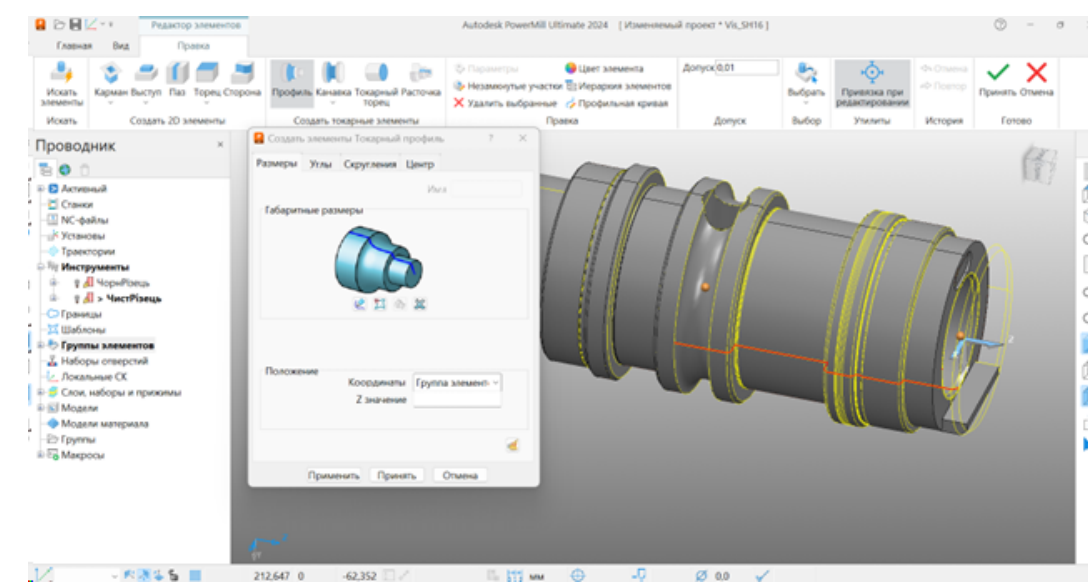
Створення елемента "Канавка"



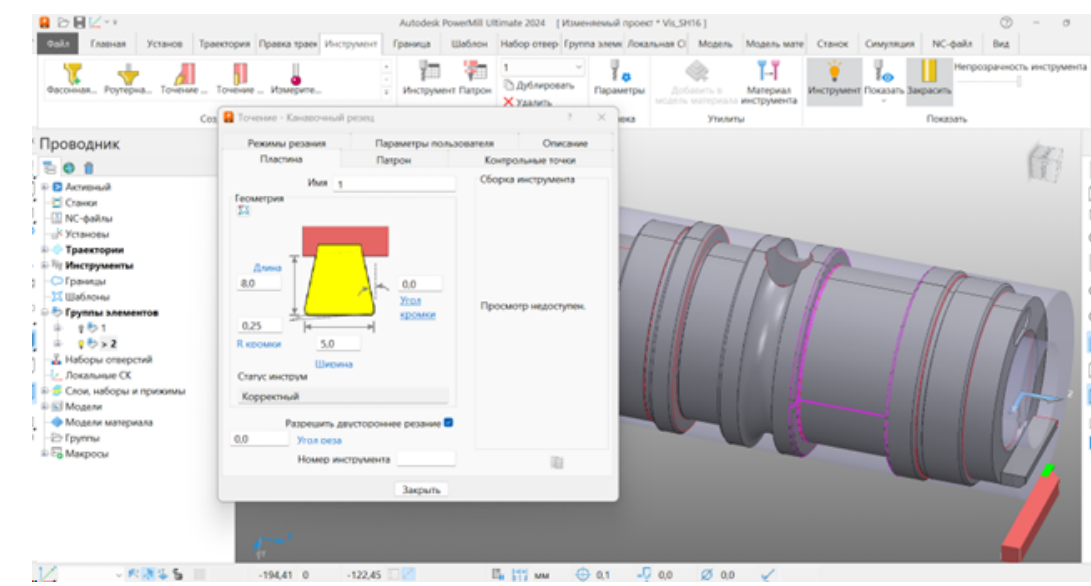
Проектування чистового точіння канавки



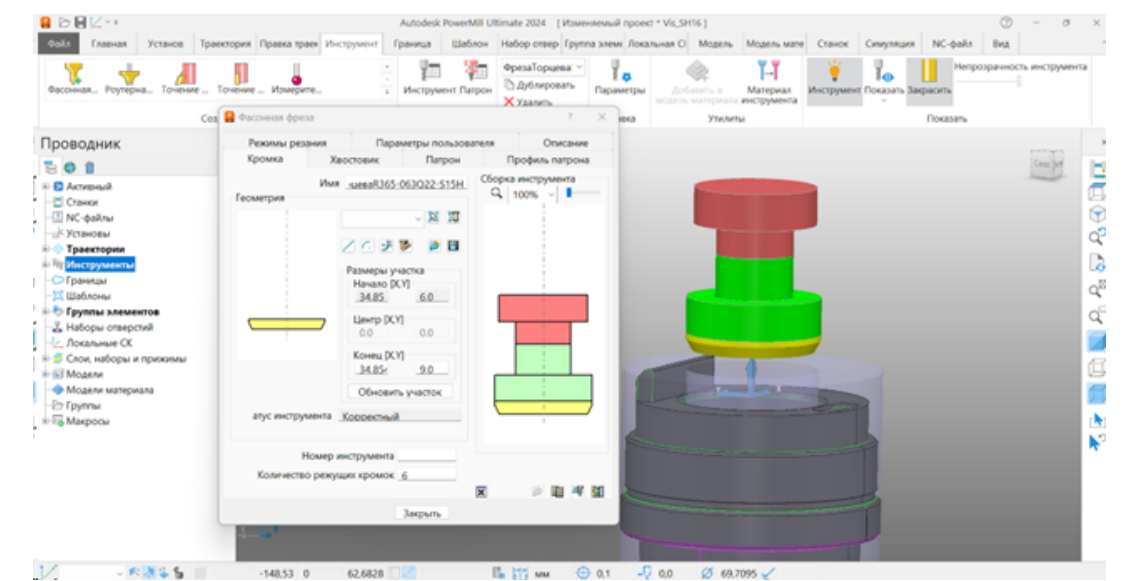
Імпортовані моделі деталі та заготовки



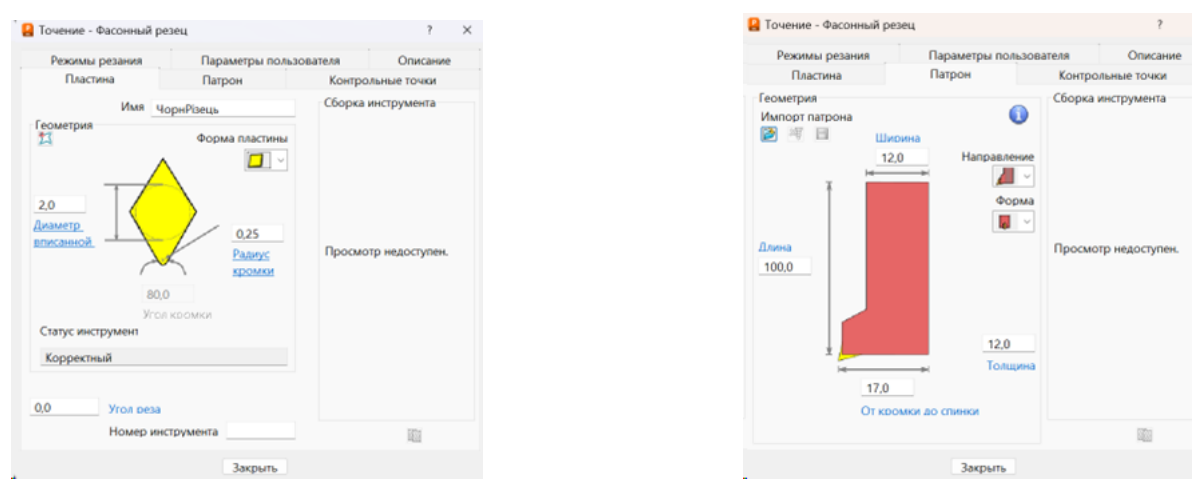
Отримання контуру обертання



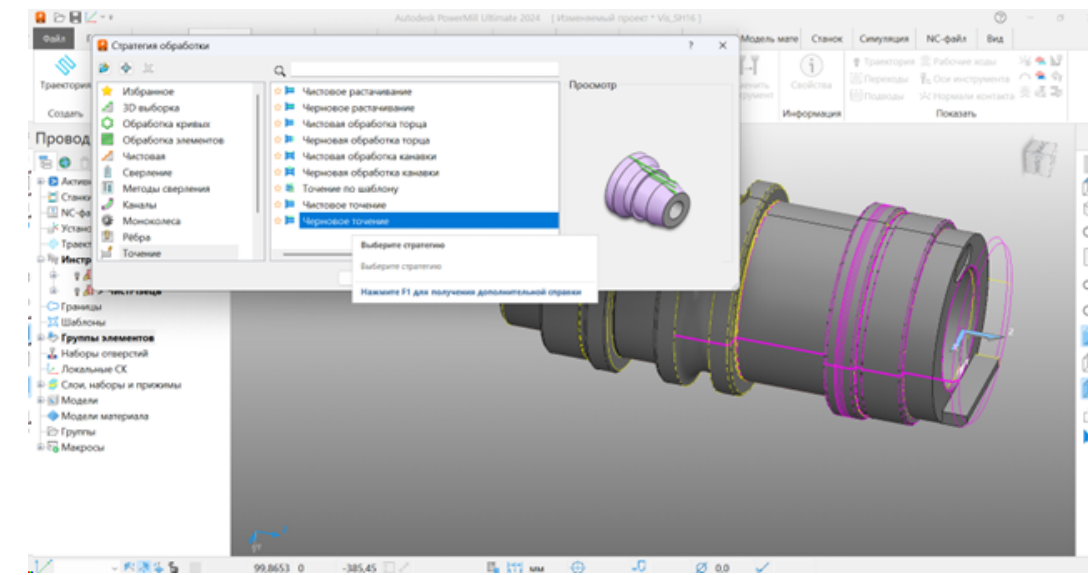
Створення моделі канавкового різця



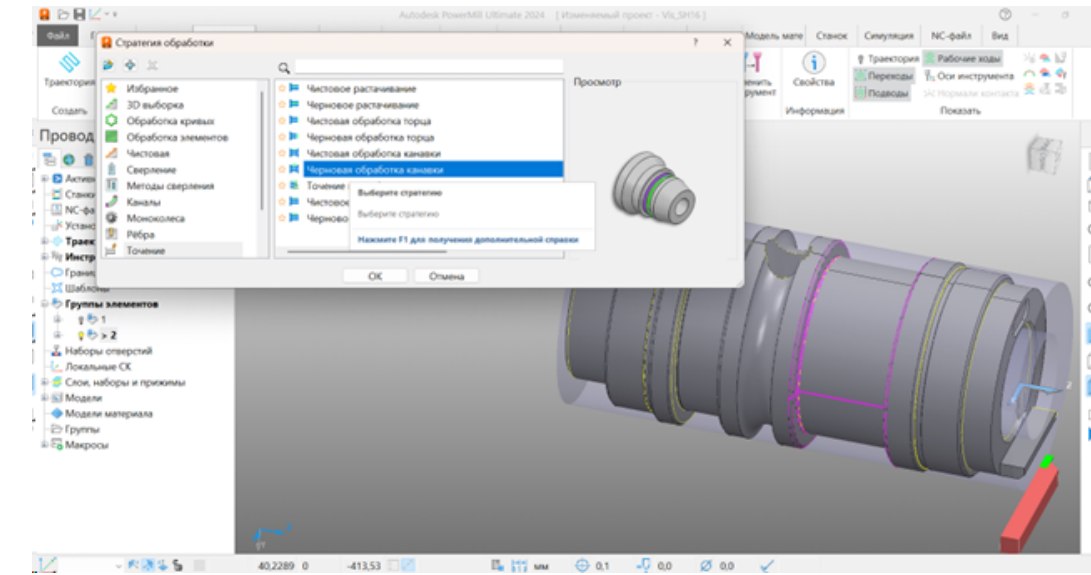
Створення моделі торцевої фрези



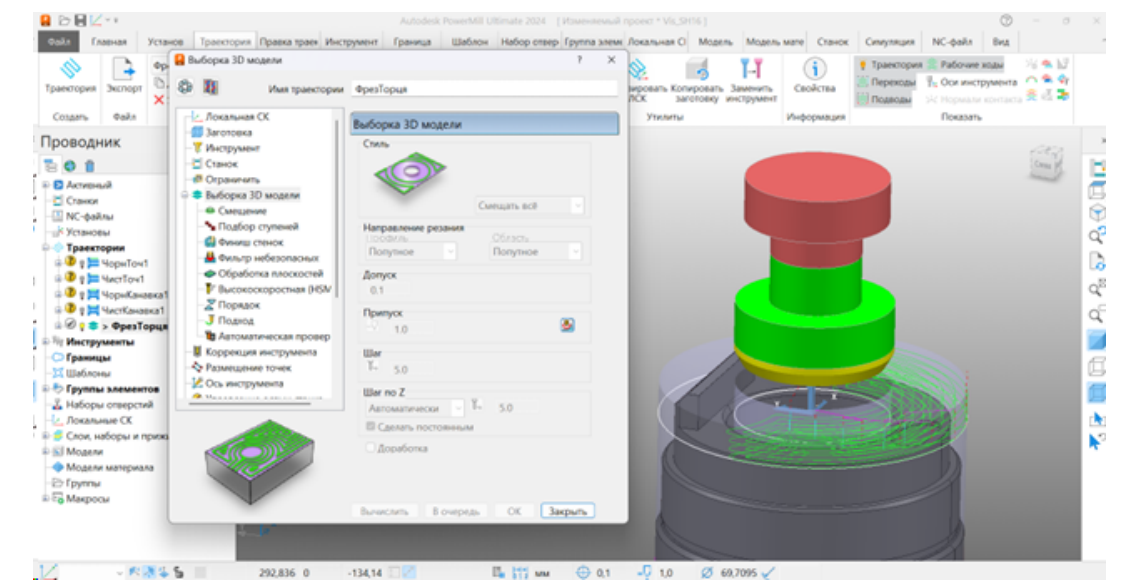
Створення моделі чорнового різця



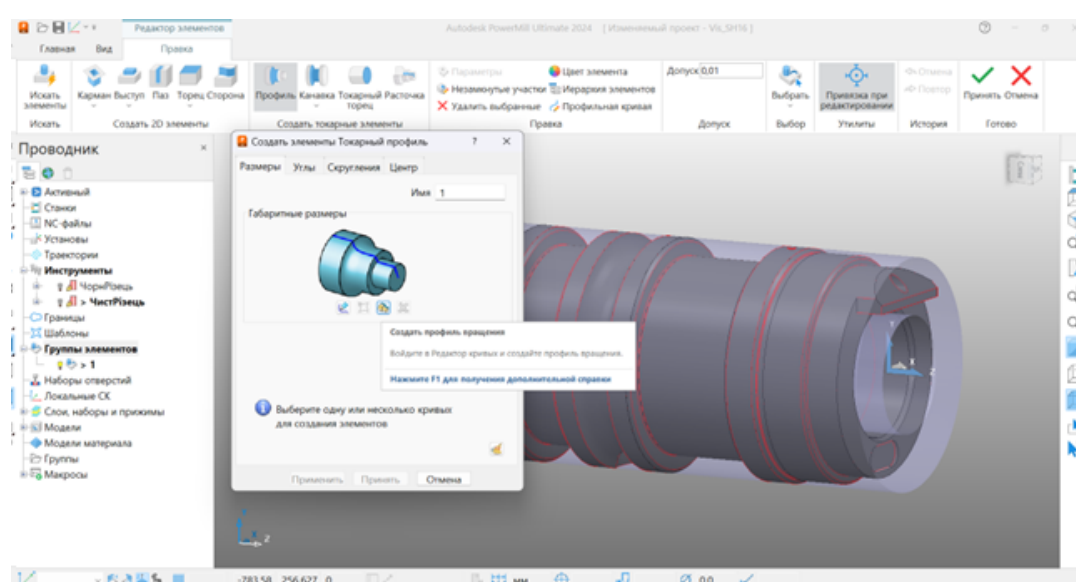
Вибір стратегії обробки



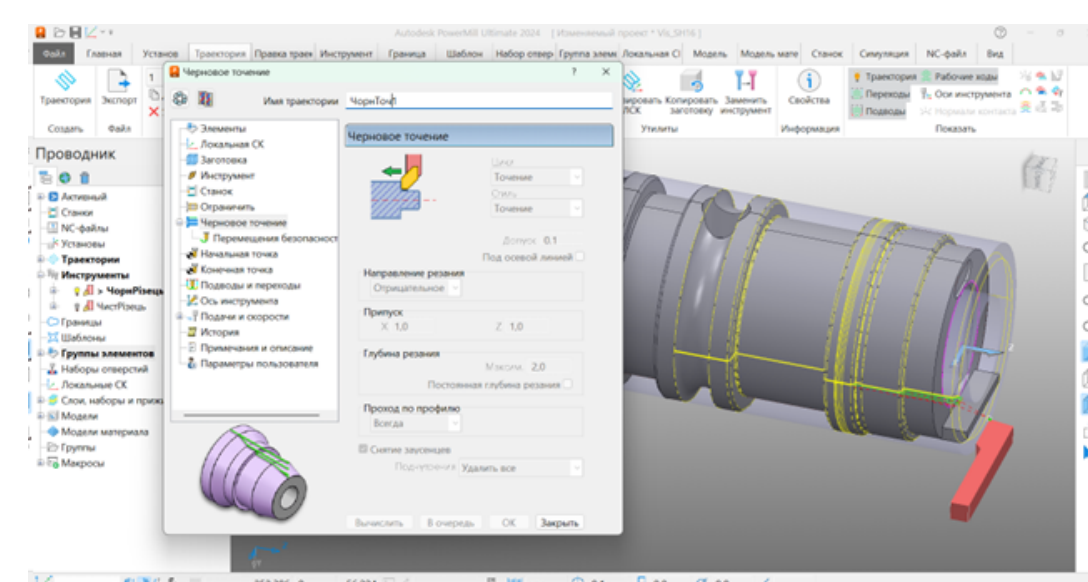
Вибір стратегії обробки



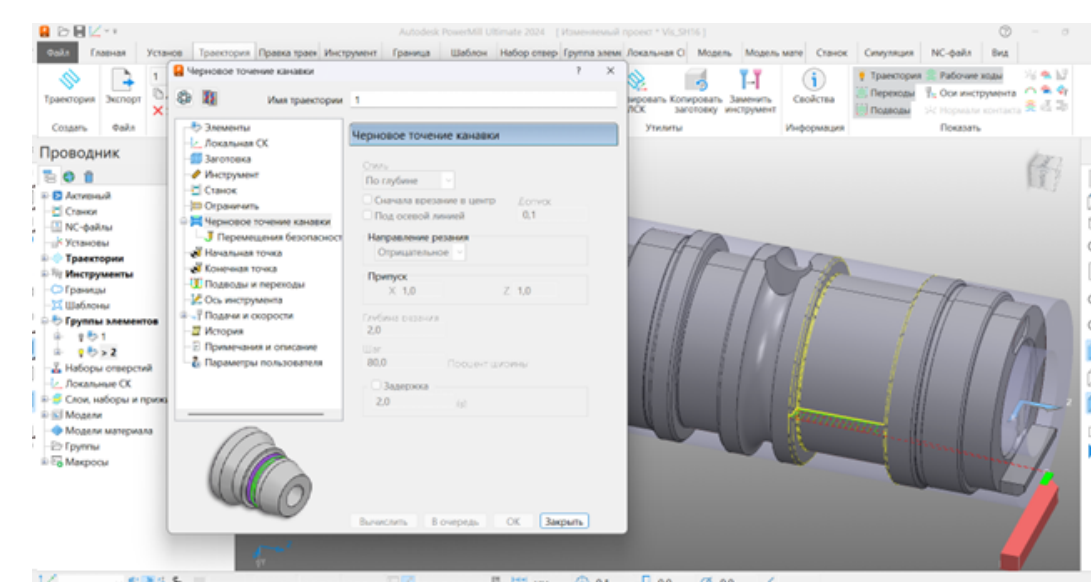
Проектування фрезерування торця



Створення елемента "Токарний профіль"

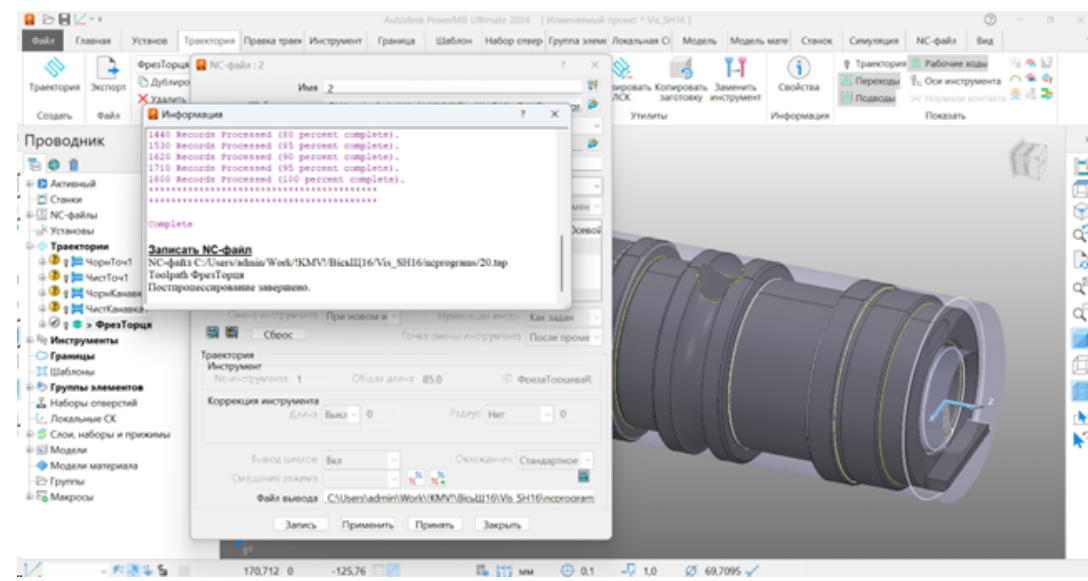


Проектування чорнового точіння

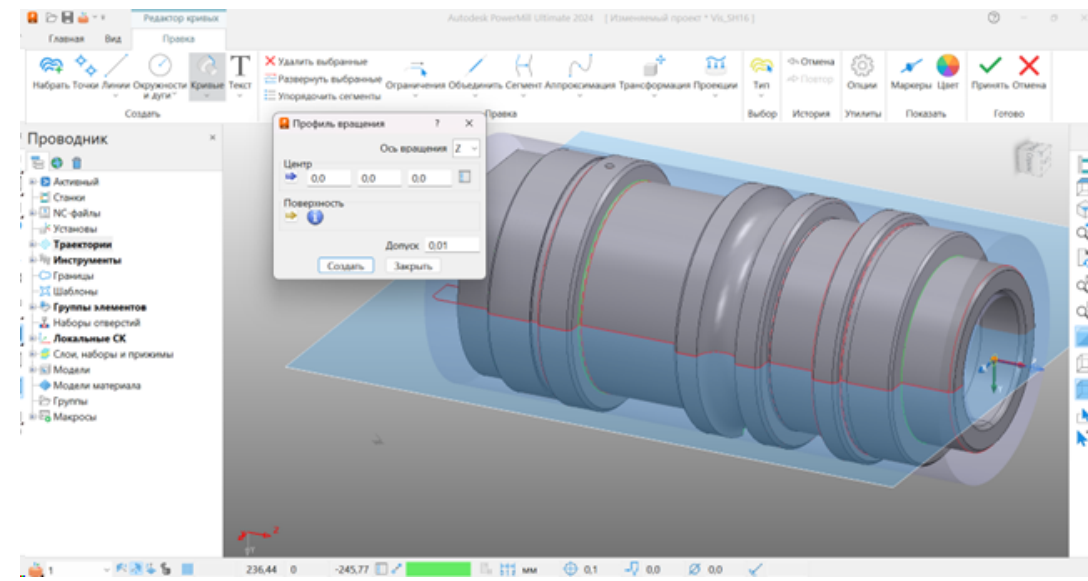


Проектування чорнового точіння канавки

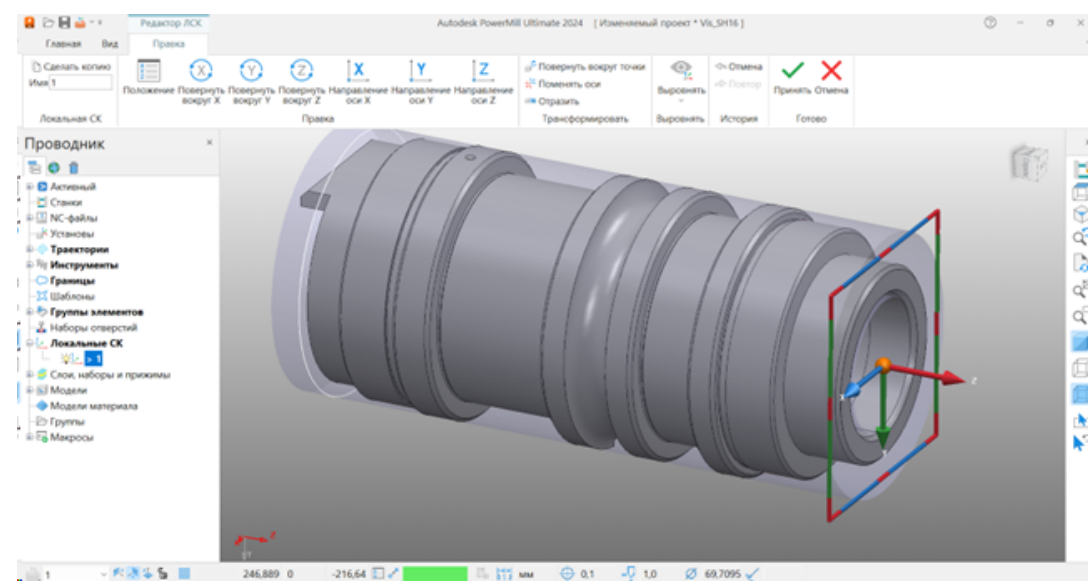
				БР.ПМ-34.04.00.000 СК		
Зм.	Арх.	Не док.	Підпис	Дата	Етапи проектування траєкторій руху інструмента	
					Лім.	Маса
						Масштаб
						1:1
					Аркуш	Аркуше
						1
					ЮНТУНГ	
					ПМ-21-1	
					Формат А1	



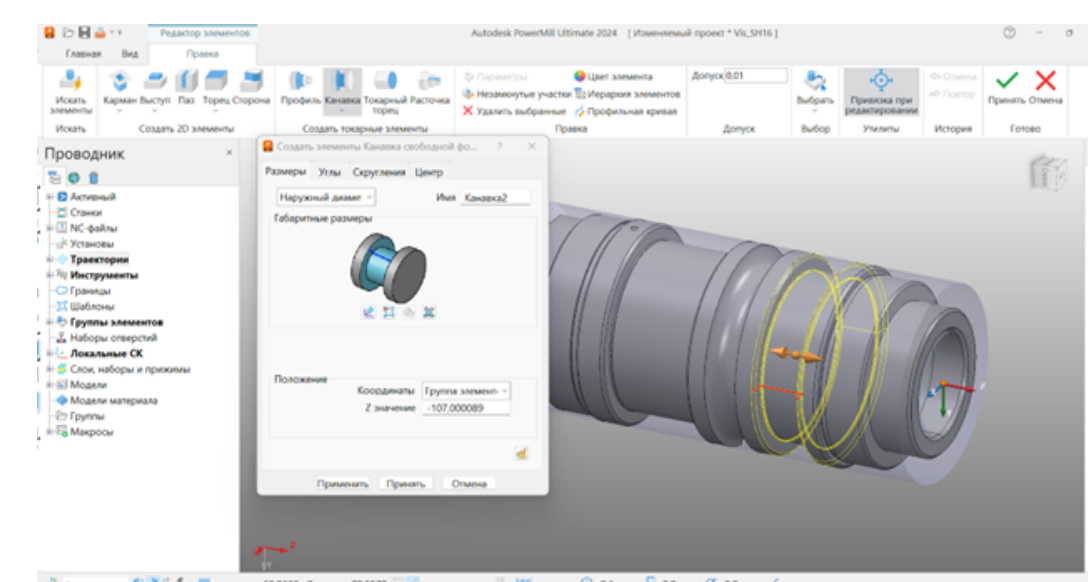
Створення та запис NC-файла



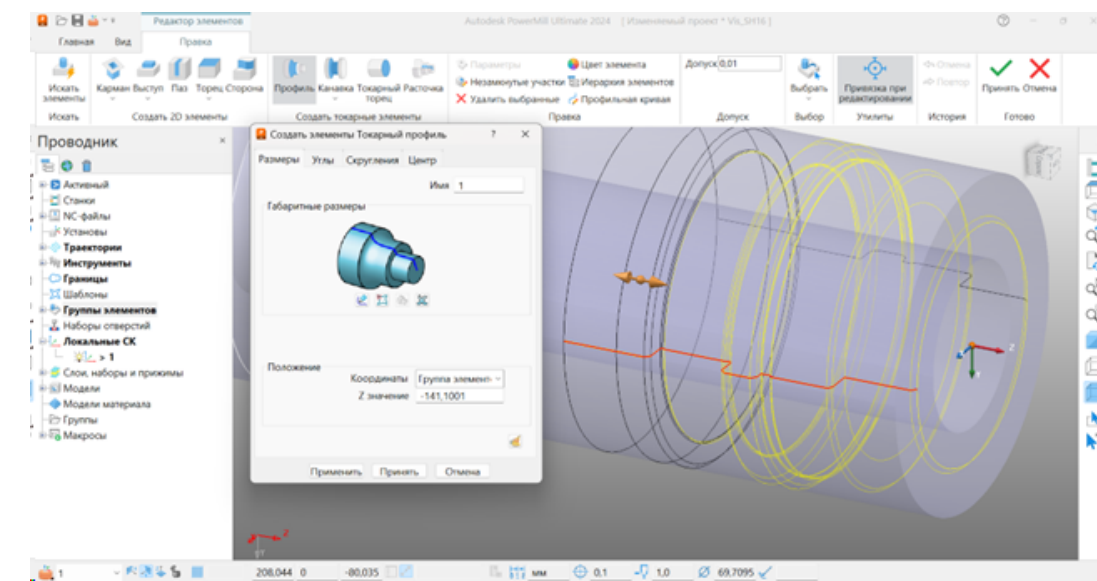
Перетин деталі площиною



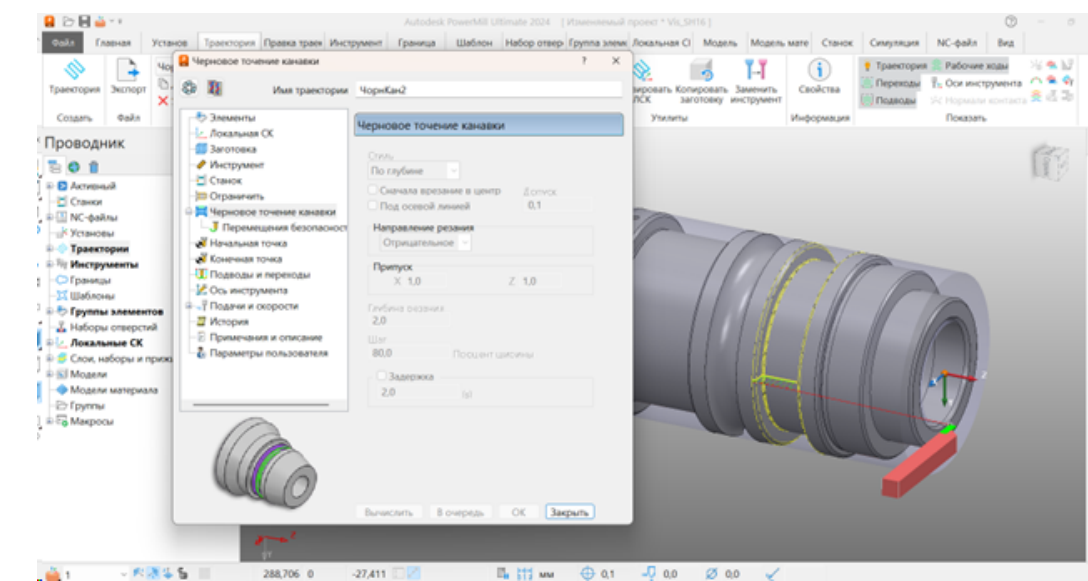
Створення локальної системи координат



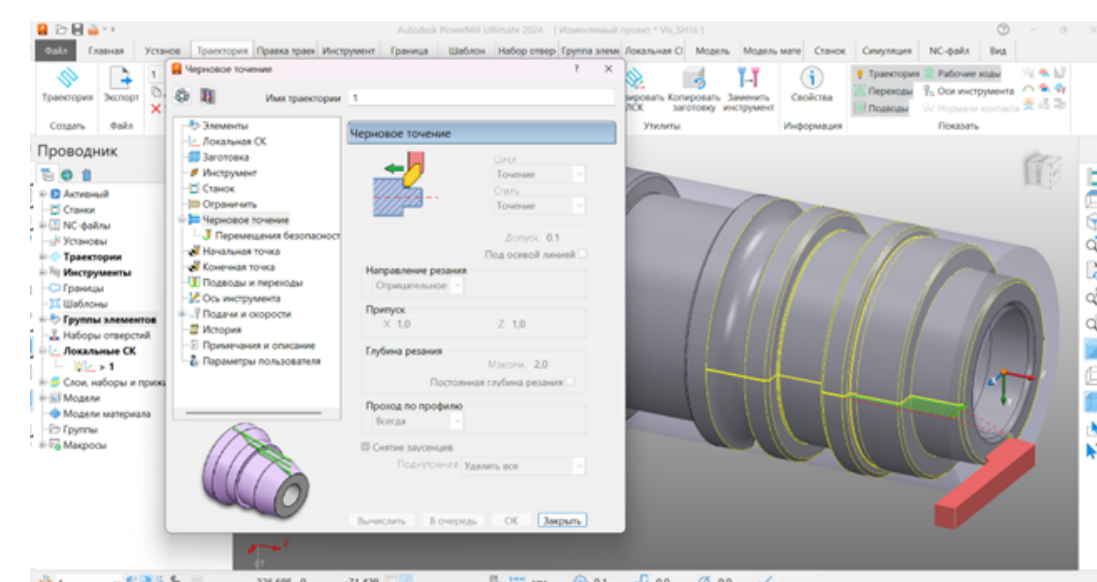
Контур канавки після редагування



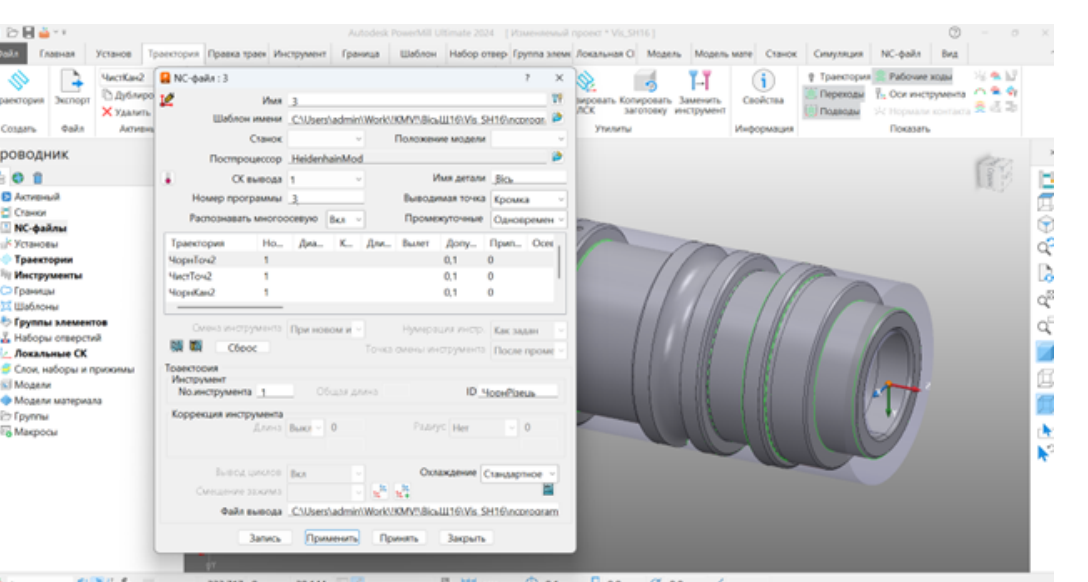
Створення елемента "Токарний профіль"



Проектування чорнового точіння канавки



Проектування чорнового точіння



Створення NC-файлу

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|ЧИСТРІЗЕЦЬ| | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 11 MM
105 ; PROGRAM NAME : 11
106 ; PART NAME : БІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 - 18:03:15
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
114 ; -----
115 ; NO.| ID | DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 16 S
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-285.0
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z15.0
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧИСТТОЧІ
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. : 1
138 ; TOOL TYPE :
139 ; TOOL ID : ЧИСТРІЗЕЦЬ
140 ; TOOL DIA : 0.0 LENGTH 0.0
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X338.5 Z-206.8233 R0 FQ3
151 L X334.3535 F0.2
152 L X330.3541 Z-204.8236
153 L X330.1919 Z-204.7694
154 L X330.0006 Z-204.7504
155 L X313.9991 Z-204.7501
156 L X338.5 FQ3
157 L Z-177.5777
158 L X334.352 F0.2
159 L X330.3513 Z-179.5769
160 L X330.1892 Z-179.6311
161 L X329.9979 Z-179.6501
162 L X313.9991
163 L Z-204.7501
164 L X315.9991 Z-203.7501
165 L X338.5 FQ3
166 L X350.0 Z-60.0
168 ; END TOOLPATH : ЧИСТКАН2
170 M09
171 M05
172 L M140 MBMAX FMAX
173 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
174 CYCL DEF 32.1
175 CYCL DEF 32.2
176 M30
177 END PGM 33 MM
178 M30
179 END PGM 11 MM
    
```

```

100 ; -----
101 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
102 ; -----
103 ; 1|1 | | 0.0 |
104 ; -----
0.00 BEGIN PGM 33 MM
105 ; PROGRAM NAME : 33
106 ; PART NAME : БІСЬ
107 ; PROGRAM DATE : 2025-06-11 - 18:38:57
108 ; PROGRAMMED BY : ADMIN
109 ; POWERMILL CB : 2024019.0
110 ; POST VER : 2024.0.0.5142
111 ; OPTION FILE : HEIDENHAINMOD
112 ; OUTPUT WORKPLANE : 1
114 ; -----
115 ; NO.| ID| DIA.| TIP RAD| LENGTH
116 ; -----
120 ; NUMBER OF TOOLPATHS: 1.0
121 ; ESTIMATED PROGRAM DURATION: 0 H 0 M 9 S
123 BLK FORM 0.1 Z X-67.0 Y-67.0 Z-300.0001
124 BLK FORM 0.2 X67.0 Y67.0 Z-0.0001
126 CYCL DEF 247 DATUM SETTING~
    Q339=+1; DATUM NUMBER
127 L M140 MBMAX FMAX
128 ; -----
129 ; START TOOLPATH : ЧИСТКАН2
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
142 TOOL CALL 1 Z S1000 DL+0.0 DR+0.0
143 M03
144 L X350.0 Y0.0 FMAX
145 L Z-60.0 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 X338.5 Z-206.8233 R0 FQ3
151 L X334.3535 F0.2
152 L X330.3541 Z-204.8236
153 L X330.1919 Z-204.7694
154 L X330.0006 Z-204.7504
155 L X313.9991 Z-204.7501
156 L X338.5 FQ3
157 L Z-177.5777
158 L X334.352 F0.2
159 L X330.3513 Z-179.5769
160 L X330.1892 Z-179.6311
161 L X329.9979 Z-179.6501
162 L X313.9991
163 L Z-204.7501
164 L X315.9991 Z-203.7501
165 L X338.5 FQ3
166 L X350.0 Z-60.0
168 ; END TOOLPATH : ЧИСТКАН2
170 M09
171 M05
172 L M140 MBMAX FMAX
173 CYCL DEF 32.0 TOLERANCE
174 CYCL DEF 32.1
175 CYCL DEF 32.2
176 M30
177 END PGM 33 MM
    
```

				БР.ПМ-34.05.00.000				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Імітація обробки та код програми на операцію 050	Лім.	Маса	Масштаб
Розробив		Берчак В.В.						1:1
Перевірив		Лукань Т.В.				Аркуш	Аркуше	1
Т.контр.		Лукань Т.В.				ЮНТУНГ		
Рецензент		Лукань Т.В.				ПМ-21-1		
Н.контр.		Лукань Т.В.			Формат А1			
Завершив		Ланчук В.Г.			Коріюсає			

Інв. Нагодл. Пліп. і Дата  
 Взам. інв. №  
 Інв. № 05074  
 Пліп. і Дата  
 Технік. №  
 Лист. Виход.