

**Івано-Франківський національний технічний університет  
нафти і газу**

Інститут інженерної механіки та робототехніки  
Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Вацеба Павло Богданович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.9  
(індекс)

**БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Тема: «Технологічний процес виготовлення деталі «Втулка ВС-01.1002.72» для умов середньосерійного типу виробництва».

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка  
(шифр і назва спеціальності)

Вацеба П.Б.

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник Костюк Н.О. доц. каф. КМВ

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

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

В.Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2025 рік

**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу**

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Вацеба Павло Богданович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Технологічний процес виготовлення деталі «Втулка ВС-01.1002.72» для умов середньосерійного типу виробництва.

керівник роботи Костюк Н.О. доц. каф. КМВ

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

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

2. Строк подання студентом роботи до 15.06.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Робоче креслення деталі;

2. Тип виробництва - середньосерійний

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

1. Технологічна частина

2. Конструкторська частина

3. Проектування керуючої програми для верстата з

ЧПК

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

1. Креслення деталі і заготовки

2. Карти технологічних налагоджень

3. Складальне креслення верстатного пристрою

4. Складальне креслення контрольного пристрою

5. Проектування керуючої програми для верстата з

ЧПК

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		
2	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		
3	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		
4	Костюк Н. О. доц. каф. КМВ		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз		
2	Проектування технології виготовлення деталі		
3	Проектування технологічної оснастки		
4	Проектування керуючої програми для верстата з ЧПК		
5	Пояснювальна записка		
6	Графічна частина		

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Вацеба П.Б.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

Костюк Н. О.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

кваліфікаційної бакалаврської роботи: «Технологічний процес виготовлення деталі «Втулка ВС-01.1002.72» для умов середньосерійного типу виробництва»

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

Графічна частина: аркуші формату А1.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки.

Предмет дослідження - деталь “ Втулка ВС-01.1002.72”.

Мета роботи – розробити оптимальний маршрут технологічної обробки деталі типу втулка, адаптований до умов середньосерійного виробництва з урахуванням сучасних стандартів точності, якості та економічної доцільності.

У ході виконання роботи проведено аналіз конструкції та технологічності об'єкта, здійснено оцінку його придатності до виготовлення. Визначено раціональний тип заготовки та найефективніший метод її отримання. Побудовано технологічну послідовність обробки із застосуванням сучасного устаткування, зокрема верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). У відповідному розділі здійснено розробку керуючої програми для верстата з ЧПК із застосуванням САМ-системи, а також надано її опис і пояснення.

Розроблено спеціалізований пристрій для надійного фіксування деталі в процесі обробки. Здійснено інженерний розрахунок зусилля закріплення та перевірку на відповідність вимогам міцності.

У додатках представлено повний пакет виробничої документації: креслення, маршрутні та наладні карти, необхідні для впровадження запропонованої технології у практичне виробництво.

Результати дослідження можуть бути застосовані на підприємствах машинобудівного профілю під час виготовлення деталей типу «втулка», сприяючи підвищенню точності обробки, зниженню виробничих витрат і забезпеченню стійкості технологічного процесу.

Ключові слова: *втулка, заготовка, механічна обробка, технологічний маршрут, верстат, пристрій, ріжучий інструмент, зусилля закріплення, припуск, моделювання, точність*

*Студент: Вацеба П.Б.*

## SUMMARY

of the Bachelor's Qualification Thesis: "Technological Process of Manufacturing the Part 'Bushing VS-01.1002.72' for Medium-Scale Production Conditions"

Explanatory and Calculation Note: \_\_\_ pages, \_\_\_ figures, \_\_\_ tables, \_\_\_ references, \_\_\_ A4 format appendix sheets.

Graphic Part: \_\_\_ sheets in A1 format.

Object of study: technological process of mechanical machining.

Subject of study: the part "Bushing VS-01.1002.72".

The aim of the work is to develop an optimized technological route for processing a bushing-type part, adapted to medium-scale production, taking into account modern requirements for precision, processing quality, and economic efficiency.

As part of the qualification thesis, a comprehensive analysis of the structural features and manufacturability of the given part was conducted, along with an assessment of its suitability for production. The optimal blank type and the most effective method of obtaining it were determined. A technological sequence of machining operations was developed using modern equipment, in particular CNC (Computer Numerical Control) machines. In the corresponding section, a control program for the CNC machine was developed using the CAM system, along with its description and explanation.

A specialized fixture was designed to ensure reliable positioning and securing of the part during processing. An engineering calculation of the clamping force was carried out, followed by a strength check to ensure compliance with reliability criteria.

The appendices include a complete set of production documentation: drawings, process and setup cards necessary for implementing the proposed technology in actual production.

The research results can be effectively applied in mechanical engineering enterprises during the manufacturing of bushing-type parts, contributing to improved machining accuracy, reduced production costs, and enhanced stability of the technological process.

Keywords: *bushing, blank, mechanical processing, technological route, machine tool, fixture, cutting tool, clamping force, machining allowance, modeling, accuracy.*

*Student: Vatseba P.*

## Зміст

Вступ

1 Технологічна частина

1.1 Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі

1.1.1 Опис призначення деталі і її функції у вузлі

1.1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

1.2.1 Методи обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності і шорсткості

1.2.2 Аналіз можливостей механічної обробки

1.3 Визначення програми випуску деталей

1.4 Вибір способу отримання заготовки

1.5 Розробка маршруту обробки деталі

1.6 Призначення припусків на механічну обробку поверхонь

1.7 Розрахунок режимів різання і основного часу

1.8 Технічне нормування операцій

2. Конструкторська частина

2.1 Пристрій для механічної обробки

2.2.1 Опис призначення, конструкції і принципу роботи пристрою

2.1.2 Розрахунок сили затиску

2.2 Опис інструментів

2.2.1 Різальний інструмент

2.2.2 Контрольний інструмент

3 Проектування керуючої програми для верстата з ЧПК

Висновок

Перелік використаних джерел

Додатки

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ Докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Вацеба П.Б.			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Костюк Н.О.					6	65
Реценз.								
Н. Контр.		Костюк Н.О.						
Затверд.		Панчук В.Г.						
						ІФНТУНГ		

## Вступ

У 2025 році машинобудування продовжує відігравати провідну роль у розвитку національної економіки України. Саме ця галузь формує технологічний фундамент для усіх сфер промисловості — від енергетики та транспорту до авіації й оборонної промисловості. Успішний розвиток машинобудування забезпечує стабільність та конкурентоспроможність економіки в умовах глобалізації, геополітичних викликів і прискореного технологічного прогресу.

На сучасному етапі ключовими чинниками ефективного функціонування машинобудівних підприємств є впровадження інновацій, автоматизація виробництва, цифрові технології, а також адаптація до вимог Індустрії 4.0. Застосування верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), робототехніки, кіберфізичних систем, інтелектуального контролю якості та автоматизованих систем управління дозволяє значно підвищити точність, продуктивність і економічну доцільність виготовлення складних технічних виробів.

У сучасних умовах виробництво набуває тенденцій високої інтеграції технологічних процесів: спостерігається зростання концентрації механообробних переходів в межах однієї технологічної операції, що потребує використання універсального високоточного обладнання, багатофункціонального інструменту, гнучких виробничих систем і нових методів організації праці.

Крім того, в умовах середньо- та дрібносерійного виробництва особливої актуальності набуває застосування адаптивної технології, яка дозволяє оперативно змінювати виробничу програму під потреби ринку без значних витрат на переналагодження обладнання.

Метою даної бакалаврської кваліфікаційної роботи є розробка ефективного технологічного процесу виготовлення деталі *втулка ВС-01.1002.72* для умов середньосерійного виробництва. В межах роботи виконано:

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- аналіз конструкції та призначення деталі;
- вибір раціонального методу обробки з урахуванням сучасних вимог;
- розробка технологічного маршруту з використанням верстатів з ЧПК;
- проектування спеціального технологічного пристрою для надійного базування та закріплення заготовки;
- створення контрольного інструменту для забезпечення точного вимірювання параметрів відповідальних поверхонь;
- економічне обґрунтування ефективності впроваджених рішень.

Результати дослідження спрямовані на зниження трудомісткості, оптимізацію часу обробки, підвищення точності виготовлення та зменшення собівартості деталі без втрати якості. Отримані технічні рішення відповідають сучасним тенденціям розвитку машинобудування та забезпечують реальну конкурентну перевагу в умовах цифрової економіки.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Технологічна частина

## 1.1 Опис призначення та аналіз технічних вимог до деталі

### 1.1.1 Опис призначення деталі і її функції у вузлі

Втулка *BC-01.1002.72* є змінним елементом механічного вузла, призначеним для забезпечення точного спряження між валом та корпусною деталлю. Вона виконує функції направляючої, опорної та зносостійкої деталі, що бере на себе основні контактні навантаження між рухомими та нерухомими елементами вузла.

Робоча внутрішня поверхня втулки виконана в розмір  $\varnothing 50E8 \times 100$ . Це дозволяє утворити посадку з валом із заданим зазором, що забезпечує точне направлення, стабільність обертання та зменшення зносу.

Зовнішня поверхня основного втулки має діаметр  $\varnothing 72g6 \times 85$  і призначена для встановлення у посадковий отвір з натягом. Це створює надійне фіксоване з'єднання, що виключає провертання або осьове зміщення під час роботи.

У лівій частині втулки зовнішній розмір  $\varnothing 100 \times 15$  мм, який профрезерований з двох боків до розміру  $72h9$ , що формує дві опорні плоскі площини. Така геометрія покращує фіксацію втулки в корпусі, забезпечує стабільне орієнтування та може слугувати для встановлення притискних елементів.

На правому торці втулки (в зоні  $\varnothing 72g6$ ) розташований паз  $12H9 \times 8$  мм, який на мою думку слугує для монтажного інструмента або фіксації — наприклад, з допомогою шпонки, штифта або ключа. Паз полегшує знімання деталі під час технічного обслуговування.

Між діаметрами  $\varnothing 100$  і  $\varnothing 72g6$ , у місці переходу, виконано канавку шириною 7 мм на глибину 4 мм. Вона може виконувати кілька функцій: технологічну (для компенсації напружень при фрезеруванні чи запресовуванні), монтажну (полегшення посадки) або ущільнювальну (якщо передбачено встановлення кільця).

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У правій частині втулки, на зовнішній поверхні  $\varnothing 72g6$ , виконано сквозний отвір з різьбою М14-7Н, який розташований перпендикулярно до осі втулки в розмір 22 мм від торця. Цей отвір призначений для встановлення фіксуючого або регулювального гвинта, що забезпечує додаткове закріплення втулки або утримує інший елемент вузла.

Матеріал виготовлення — конструкційна сталь С40 згідно з EN 10083-2 (див. таб.1.1, 1.2). Вона має добрі механічні властивості, стійкість до зношування та гарну оброблюваність. Твердість поверхні в межах НВ 200–220 забезпечує ресурсну надійність у середньонавантажених умовах експлуатації (див. таб.1.1, 1.2)

Таким чином, втулка ВС-01.1002.72 забезпечує точне розміщення вала, слугує направляючим і знімним елементом, підвищує ремонтпридатність вузла та дозволяє зменшити знос корпусних деталей без втрати точності.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі

Сірка, %	Фосфор, %	Хром,%	Нікель,%	Мідь, %	Вуглець, %	Залізо, %	Марганець, %	Кремній, %
не більше								
0,04	0,035	0,025	0,3	0,3	0,38-0,42	решта	0,5-0,8	0,17-0,37

Таблиця 1.2 – Механічні властивості та фізичні характеристики сталі

$\sigma_t$ , МПа	$\sigma_b$ , МПа	$\psi_i$ , %	$\delta_5$ , %	Темпера-тура ковки, $^{\circ}\text{C}$	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Твердість по Брінеллю, НВ
не менше						
334	520	45	19	780-1250	7850	170

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.1.2 Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення

У процесі виготовлення втулки ВС-01.1002.72 до окремих поверхонь пред'являються вимоги щодо точності розмірів, граничних відхилень форми, взаємного розміщення та шорсткості обробки. Це зумовлено функціональним призначенням відповідних поверхонь — посадкових, з'єднувальних, спряжених із рухомими або корпусними елементами. У таблиці нижче наведено основні характеристики відповідних поверхонь.

Таблиця 1.3 - Точність, шорсткість поверхонь і їх взаємне розміщення деталі «Втулка ВС-01.1002.72»

№	Назва пов.	Розмір, який зв'язує поверхні	Точність розміру, допустимі відхилення від правильності форми і взаємного розміщення поверхонь	Шорсткість
1, 12	Внутрішня фаска	3×45 <sup>0</sup>	$\frac{IT14}{2} (\pm 0,2)$	Ra 12,5
2, 11	Торець	100	h14(-0,87)	Ra 6,3
3, 10	Зовнішня фаска	5×45 <sup>0</sup>	$\frac{IT14}{2} (\pm 0,2)$	Ra 12,5
4	Зовнішній циліндр. пов.	Ø100	h14(-0,87)	Ra 3,2
5	Торець	85	(±0,2)	Ra 6,3
6	Канавка	Ø68×7	h14(-0,62)	Ra 12,5
7	Зовнішній циліндр. пов.	Ø72	g6( $\begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,029 \end{smallmatrix}$ )	Ra 0,63
8	Фаска внутрішня	1,6×45 <sup>0</sup>	$\frac{IT14}{2} (\pm 0,2)$	Ra 12,5
9	Різьбовий отвір	M14	7H(+0,4)	Ra 6,3
13	Внутрішня циліндр. пов.	Ø50	E8( $\begin{smallmatrix} +0,089 \\ +0,050 \end{smallmatrix}$ )	Ra 0,32
14	Лиски	72	h9(-0,074)	Ra 12,5
15	Паз	12	H9	Ra 12,5

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Оскільки на кресленні не вказано окремих вимог до точності форми поверхонь та їх взаємного розміщення, ці параметри регламентуються загальними допусками, встановленими для відповідних розмірів.

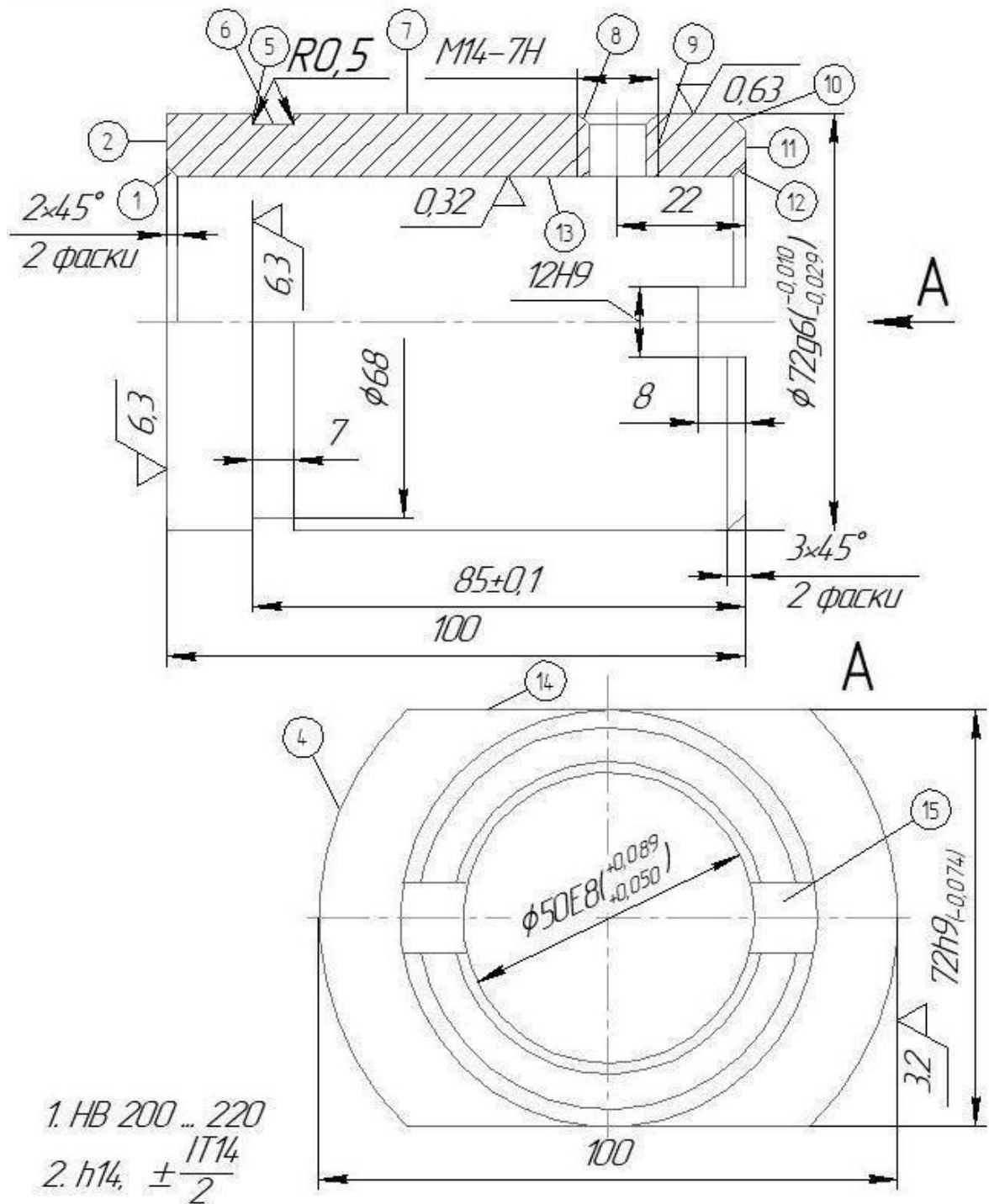


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Втулка ВС-01.1002.72» із  
 номерацією поверхонь

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			12

## 1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

### 1.2.1 Методи обробки кожної поверхні для досягнення заданої точності і шорсткості

На основі аналізу креслення деталі та вимог до точності розмірів, форми та якості обробки поверхонь, відповідно до рекомендацій [7, с. 150–153, табл. 3.1–3.4], визначено оптимальні методи механічної обробки для кожної поверхні з урахуванням необхідної шорсткості та допусків.

Таблиця 1.4 - Методи досягнення заданої точності і шорсткості поверхонь деталі «Втулка ВС-01.1002.72»

№	Назва пов.	Розмір, точність та шорсткість поверхні	Види обробки	Тип верстату
1, 12	Внутрішня фаска	$3 \times 45^0 \pm IT14$ , Ra 12,5 2	Точіння чорнове	Токарний
2, 11	Торець	100 h14, Ra 6,3	Точіння чорнове	Токарний
3, 10	Зовнішня фаска	$5 \times 45^0 \pm IT14$ , Ra 12,5 2	Точіння чорнове	Токарний
4	Зовнішній циліндр. пов.	Ø100 h14, Ra3,2	Точіння чорнове, чистове	Токарний
5	Торець	85 (±0,2), Ra 6,3	Точіння чорнове	Токарний
6	Канавка	Ø68 h14×7, Ra 12,5	Точіння чорнове	Токарний
7	Зовнішній циліндр. пов.	Ø72g6, Ra 0,63	Точіння чорнове, напівчистове, чистове, тонке	Токарний
8	Фаска внутрішня	$1,6 \times 45^0 \pm IT14$ , Ra12,5 2	Зенкування	Свердлильний
9	Різьбовий отвір	M14-7H	Нарізання різьби	Свердлильний
13	Внутрішня циліндр. пов.	Ø70 E8, Ra 0,32	Розточування чорнове, чистове і тонке	Токарний
14	Лиски	72h9 <sub>(-0,074)</sub> , Ra12,5	Фрезерування чистове	Фрезерний
15	Паз	12H9, , Ra12,5	Фрезерування чистове	Фрезерний

## 1.2.2 Аналіз можливостей механічної обробки

На основі аналізу креслення можна зробити висновок, що деталь має загальну циліндричну форму, а всі основні циліндричні поверхні співвісні — їхня вісь обертання є водночас віссю симетрії деталі. Це значно спрощує базування та обробку на токарному обладнанні.

Внутрішня циліндрична поверхня має гладку геометрію без уступів, що дозволяє її обробляти наскрізним проходом без додаткових переналагоджень. Зовнішня поверхня ступінчаста й містить два основних діаметри:  $\varnothing 100h14$  (довжиною 15 мм) та  $\varnothing 72g6$  (довжиною 85 мм). Більший діаметр ( $\varnothing 100$ ) частково профрезерований з утворенням лисок, а його залишкова частина доступна для обробки на проході. Канавка між цими поверхнями ( $\varnothing 68 \times 7$ ) дає змогу безпечно відвести інструмент, що також спрощує механічну обробку.

Загалом конструкція деталі дозволяє виконувати більшість операцій на прохід або з одного встановлення на універсальному токарному верстаті. Усі оброблювані поверхні доступні, і обмежень щодо підходу інструмента немає.

Значення шорсткості поверхонь (від Ra 0,32 до Ra 12,5) відповідають встановленим класам точності розмірів (IT6–IT14) та можуть бути досягнуті типово застосовуваними методами обробки — чорновим, напівчистовим, чистовим точінням, розточуванням, фрезеруванням та зенкуванням. Високоточні поверхні (наприклад,  $\varnothing 50 E8$ ,  $\varnothing 72 g6$ ) обробляються із застосуванням чистового точіння або тонкого розточування. Для досягнення шорсткості Ra 0,32 можливе застосування шліфування або доводки при потребі.

Різьбовий отвір M14 з допуском 7H, що розміщений перпендикулярно до осі втулки на зовнішній поверхні  $\varnothing 72$ , виконується за допомогою свердління та нарізання різьби мітчиком на вертикально-свердлильному верстаті. Форма й розміщення отвору забезпечують вільний доступ інструмента.

Матеріал втулки — конструкційна сталь С40 — має добру оброблюваність і придатний до всіх основних технологічних операцій: точіння, свердління, фрезерування, різьбонарізання. При цьому відсутня потреба у

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

термічній обробці, оскільки необхідні значення твердості (НВ 200–220) досягаються у нормалізованому стані.

З огляду на перелічене, можна стверджувати, що деталь є технологічною: її форма, конструкція, вибір матеріалу та система допусків дають змогу ефективно виконувати обробку на універсальному токарно-гвинторізному та вертикально-свердлильному обладнанні. Крім того, можливе впровадження прогресивних методів обробки (ЧПК, глибоке точіння, контрольна доводка) у разі потреби підвищення якості поверхонь або скорочення циклу виробництва.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 1.3 Визначення програми випуску деталей

Виробнича програма є вихідним документом для проектування механічного цеху та визначення обсягів обробки деталей. Вона формується відповідно до загальної програми підприємства, з урахуванням типу виробництва, характеру продукції та стадії проектування. Залежно від конкретної ситуації виробнича програма може бути точною, приведеною або умовною.

У випадку середньосерійного типу виробництва виробнича програма зазвичай оформлюється у вигляді відомості, яка містить перелік деталей, що підлягають обробці в межах цеху. У відомості вказуються найменування деталей, їх кількість, матеріал, маса та інші параметри.

Відповідно до визначення в ДСТУ (ГОСТ) 14.004-83, програма випуску — це кількість виробів одного найменування та типорозміру, які запускаються в обробку протягом певного інтервалу часу при однаковому підготовчо-завершальному часі на операцію.

У рамках цієї роботи розглядається виготовлення деталі "Втулка ВС-01.1002.72" у середньосерійному виробництві, що передбачає обробку партіями однотипних виробів однакових за конструкцією та розмірами, які запускаються у виробництво одночасно. Основною особливістю цього типу є повна обробка всієї партії без змін конфігурації або налаштувань у процесі.

Відомо, що маса однієї втулки становить 1,7 кг, що відповідає групі деталей масою до 20 кг. За [11, с. 9, табл. 1.2], для деталей такої маси у середньосерійному виробництві нормативна річна програма становить  $N_p=5000 \div 10000$  шт.. Для подальших розрахунків приймаємо середнє значення:

$$N = 7500 \text{ шт/рік.}$$

*Визначення розміру партії запуску:*

Для визначення партії запуску деталей у виробництво скористаємося формулою:

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{N \cdot a}{F}$$

- N – річна програма випуску, шт;
- a – нормативний запас днів для середньосерійного виробництва, приймаємо a = 6 днів;
- F – кількість робочих днів у році, F = 251 днів (для 2025 року).

$$n = \frac{N \cdot a}{F} = \frac{7500 \cdot 6}{251} = 179,3$$

Приймаємо n=180 деталей

*Уточнення річної програми:*

З урахуванням прийнятого розміру партії запуску n = 180 деталей, обчислимо фактичну річну програму:

$$N = \frac{n \cdot F}{a} = \frac{179 \cdot 251}{6} = 7482,8$$

*Висновок:* На основі проведених розрахунків, річна програма випуску деталі "Втулка ВС-01.1002.72" у середньосерійному виробництві становить 7483 штук, з розміром виробничої партії — 180 деталь. Таке планування забезпечує безперервність виробничого процесу та ефективне використання обладнання.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.4 Вибір способу отримання заготовки

У процесі проектування технології виготовлення деталі важливим етапом є вибір способу отримання заготовки. Від правильності цього вибору залежить економічність виробництва, обсяг припусків, трудомісткість обробки та якість готової деталі.

Згідно з прийнятою класифікацією, дана деталь "Втулка ВС-01.1002.72" належить до 3-го класу — порожнисті циліндри, типу 1 — прості [2, с. 50], оскільки її геометричні параметри задовольняють умову співвідношення  $L/d = 100/100 = 1$ , що входить у діапазон допустимих значень:

$$0,5 \leq \frac{L}{d_{\max}} \leq 2,5.$$

Для заготовок деталей такого типу можливими є такі способи виготовлення [2, с. 51]:

- Гарячий прокат — отримання суцільного або порожнистого циліндра шляхом пластичної деформації металу в нагрітому стані. Спосіб широко застосовується для виготовлення недорогих заготовок з допустимим припуском на обробку.

- Ковальсько-пресові способи — деформація металу за допомогою удару (кування) або стиску (пресування). Забезпечують високу щільність структури металу та міцність, доцільні при виготовленні відповідальних деталей, що працюють під навантаженням.

- Трубний прокат — застосовується для отримання порожнистих заготовок з наскрізним отвором без потреби додаткового свердління. Метод економічний у масовому виробництві, але вимагає стандартних розмірів.

- Штампування з тонколистового металу — застосовується для виготовлення тонкостінних циліндричних або конічних деталей зі сталі. Зазвичай використовується для деталей малої маси та товщини.

- Комбінований спосіб (різання прокату та зварювання) — передбачає виготовлення заготовки з листа або профілю з наступним

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зварюванням у циліндричну форму. Застосовується у разі виготовлення великих або неуніфікованих заготовок при обмежених ресурсах.

- Ливарні способи — заливка рідкого металу в форму. Дозволяють отримати заготовки складної геометрії або великих розмірів. Однак литі заготовки зазвичай мають більші припуски, меншу точність та пористість.

- Методи порошкової металургії — формування заготовки із металевого порошку з наступним пресуванням і спіканням. Застосовуються для дрібних точних виробів у великосерійному виробництві. У даному випадку недоцільні через високу вартість і складність.

У цьому конкретному випадку деталь "Втулка ВС-01.1002.72" не піддається впливу агресивного середовища або складних умов експлуатації, тому до способу виготовлення заготовки не висувуються жорсткі вимоги.

Згідно з конструкторською документацією, матеріалом деталі є сталь 40 за ГОСТ 1050–88, маса — 1,7 кг, тип виробництва — одиничний. Геометрично деталь є циліндричною, з габаритами приблизно  $\text{Ø}150 \times 1000$  мм, має внутрішній наскрізний отвір  $\text{Ø}50$  мм.

З урахуванням геометричної форми деталі (порожнистий циліндр), матеріалу (сталь 40), маси (1,7 кг) та типу виробництва (середньосерійне), найбільш доцільними способами виготовлення заготовки є:

- гарячекатаний круглий прокат,
- поковка,
- виливок у кокіль.

Гарячекатаний прокат — найбільш доступний і економічно вигідний спосіб для отримання заготовки простої геометрії. Забезпечує добру оброблюваність, стандартну точність та мінімальні витрати на підготовку виробництва.

Поковка дозволяє отримати заготовку з високою щільністю металу та підвищеними механічними властивостями. Застосовується для відповідальних деталей, що працюють під динамічним або ударним навантаженням, але потребує більш складного обладнання й штампового оснащення.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виливок у кокіль забезпечує кращу точність і якість поверхні, ніж лиття в піщані форми. Цей метод дає змогу зменшити припуски, покращити структуру металу, скоротити обсяг механічної обробки. Доцільний у середньосерійному виробництві та при необхідності формування внутрішніх отворів.

З огляду на це, доцільно провести порівняльний розрахунок параметрів заготовки, отриманої кожним із трьох методів, аби обґрунтувати вибір найефективнішого способу для подальшої обробки.

Круглий гарячекатаний прокат.

Згідно ДСТУ (ГОСТ) 2590-88 для виготовлення заготовки обираємо круглий прокат Ø105 Довжину прутка приймаємо 104 мм, з урахуванням припуску на підрізання торців:

$$L = 100 + 2 \times 2 = 104 \text{ мм,}$$

де 2 мм шар металу, що знімається при обробці кожного торця.

Маса одного погонного метра прокату Ø105 мм становить:

$$m_1 = 67,97 \text{ кг/м.}$$

Отже, маса однієї заготовки буде:

$$m_{зп} = 0,104 \times 67,97 = 7,07 \text{ кг.}$$

Визначимо коефіцієнт використання матеріалу за формулою:

$$K_{вм} = \frac{m_d}{m_{зп}},$$

де  $m_d$  – маса деталі, кг (за кресленням:  $m_d = 1,7$  кг);  $m_{зп}$  – маса заготовки, кг;

$$K_{вм} = \frac{1,7}{7,07} = 0,24$$

Отже, Коефіцієнт використання матеріалу становить приблизно **0,24**, що є дуже низьким. Згідно з технологічними рекомендаціями, доцільним вважається спосіб отримання заготовки з коефіцієнтом **не нижче 0,5**. Таким чином, використання гарячекатаного прокату в даному випадку є **неефективним** з точки зору матеріаломісткості, тому цей варіант **відкидається**.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Поковка

З урахуванням форми, габаритних розмірів деталі та типу виробництва, доцільним способом отримання заготовки є штампування на гідравлічному ковальському молоті (ГКМ). Така заготовка характеризується наступними параметрами:

- Припуск на сторону — 1,5...3,25 мм
- Клас точності — 13–17 квалітет
- Шорсткість поверхні — Ra 25...3,2 мкм
- Відносна собівартість — 70...75 %
- Штампувальні ухили: у матриці — 10°...70°; у пуансоні 0,25°...2,00°

Визначення габаритних розмірів поковки та коефіцієнта використання матеріалу. Для цього спочатку визначається вихідний індекс заготовки, згідно з [3]:

- Клас точності — Т4 [3, с. 43, табл. 3.4]
- Група сталі — М2 [3, с. 42, табл. 3.3]
- Ступінь складності — С3 [3, с. 44, табл. 3.6]
- Орієнтовна маса поковки —

$(1,5 \div 1,8) \times m_d = 2,55 \div 3,06$  кг [3, с. 43, табл. 3.5],

- Конфігурація поверхні рознімання штампа — П (плоска)
- Допустиме зміщення по поверхні рознімання — 0,6 мм [3, с. 45, табл. 3.8]
- Штампувальні ухили:
  - зовнішні поверхні — 10°; – внутрішні поверхні — 30° [4, с. 121, табл. 5.10]

Згідно з [4, с. 116, рис. 5.21], вихідний індекс заготовки дорівнює 13.

Таблиця 1.5 – Значення припусків, допусків та розмірів заготовки

(Згідно [3, с.119,120, табл. 5.8 і 5.9].)

Розмір деталі, мм	Ø100	Ø72	Ø50	85	100
Припуск на сторону, мм табличне	1,8	2,0	2,0	1,8	1,5

Допуск, мм	2,5 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	2,5 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	2,5 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	2,5 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	2,5 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>
Розмір заготовки, мм	∅103,6 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	∅76 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	∅46 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	84,7 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>	103 <sup>(+1,6)</sup> <sub>-0,9</sub>

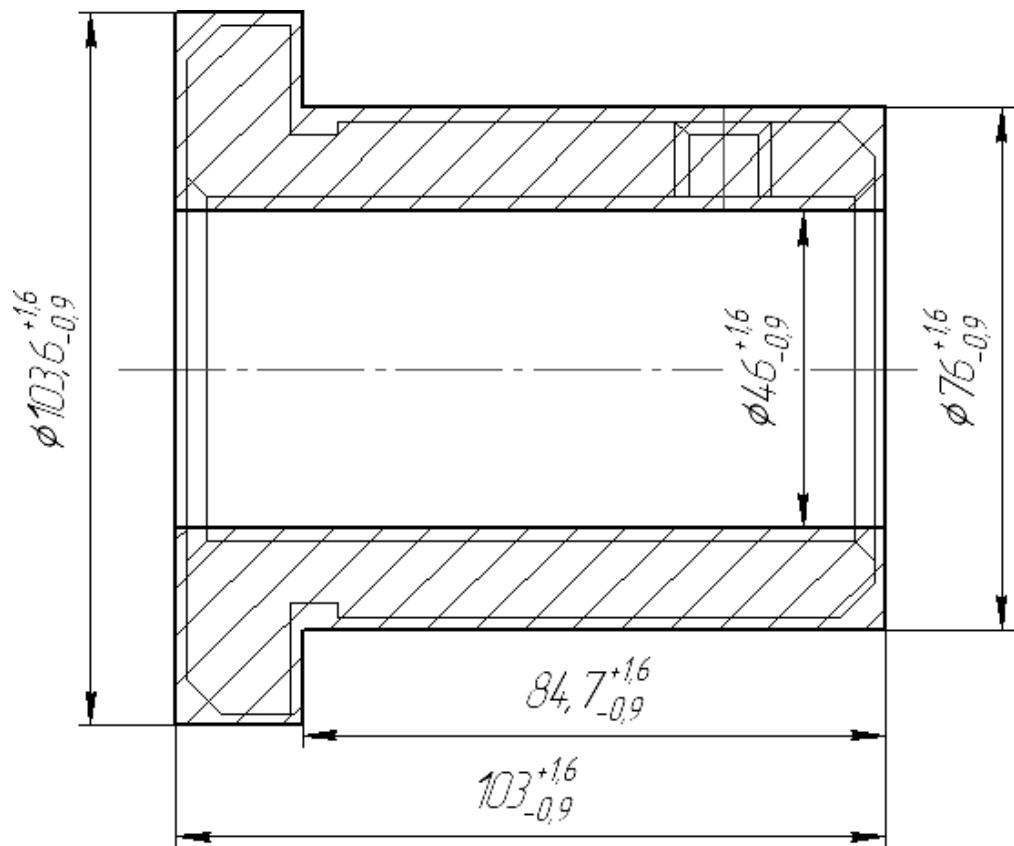


Рисунок 1.2 – Ескіз поковки.

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу

1. Об'єм поковки.  $V_{\text{зш}} = V_1 + V_2 - V_3 =$

$$= \frac{\pi}{4} (103,6^2 \cdot 18,3 + 76^2 \cdot 84,7 - 46^2 \cdot 103) = \frac{3,14}{4} (196,413 + 489,227 - 217,948) 10^{-6} = 367,138 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

2. Маса поковки:  $m_{\text{зш}} = 367,138 \cdot 10^{-6} \times 7850 = 2,88 \text{ кг}.$

3. Коефіцієнт використання матеріалу:  $K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{зш}}} = \frac{1,7}{2,8} = 0,61,$

Отже, Отриманий коефіцієнт використання матеріалу становить **понад 0,5**, що відповідає нормативним вимогам для економічного використання матеріалу. Таким чином, спосіб виготовлення заготовки у вигляді поковки є доцільним і технологічно обґрунтованим.

						БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			22

### Вилівок у кокіль

Згідно з [3, с. 8, табл. 2.1], рекомендованим методом отримання заготовки при середньосерійному типі виробництва, а також з урахуванням маси, форми, розмірів поверхні та матеріалу деталі, є лиття в кокіль.

Такий метод дозволяє отримати:

- коефіцієнт використання матеріалу в межах 0,70...0,75;
- точність розмірів за IT14...16 квалітетом;
- шорсткість поверхні у межах Rz 320–80 мкм.

Крім того, вартість виготовлення заготовки литтям у кокіль є нижчою, ніж при об'ємному штампуванні, що робить цей спосіб економічно доцільним для серійного виготовлення. Тому даний варіант заготовки розглядається більш детально.

Виходячи з форми та простоти деталі, її можна віднести до 1-ї групи складності. Лиття в кокіль дозволяє формувати стінки товщиною  $\geq 3$  мм, що відповідає геометрії даної втулки.

Визначення допусків, припусків та розмірів заготовки

Визначимо клас точності розмірів та мас, а також ряд припусків на механічну обробку згідно з [3, с. 11, табл. 2.3]:

- Клас точності: 5...11т → приймаємо 7т
- Ряд припусків: 1...3 → приймаємо ряд 2

Таблиця 1.6 – Значення допусків, припусків та розмірів заготовки  
(за [3, с. 19, 21, табл. 2.7, 2.8])

Розмір деталі,	Ø100	Ø72	85	100	Ø50
Допуск, мм	1,1	1,1	1,1	1,1	1,0
Припуск на сторону, мм					
табличне прийняте	1,6...2,4 2	1,6...2,4 2	1,6...2,4 2	1,6...2,4 2	1,4...2,0 1,6
Розмір заготовки, мм	Ø102,2(±1)	Ø74,2(±1)	85(±1)	102,2(±1)	Ø48(±0,8)

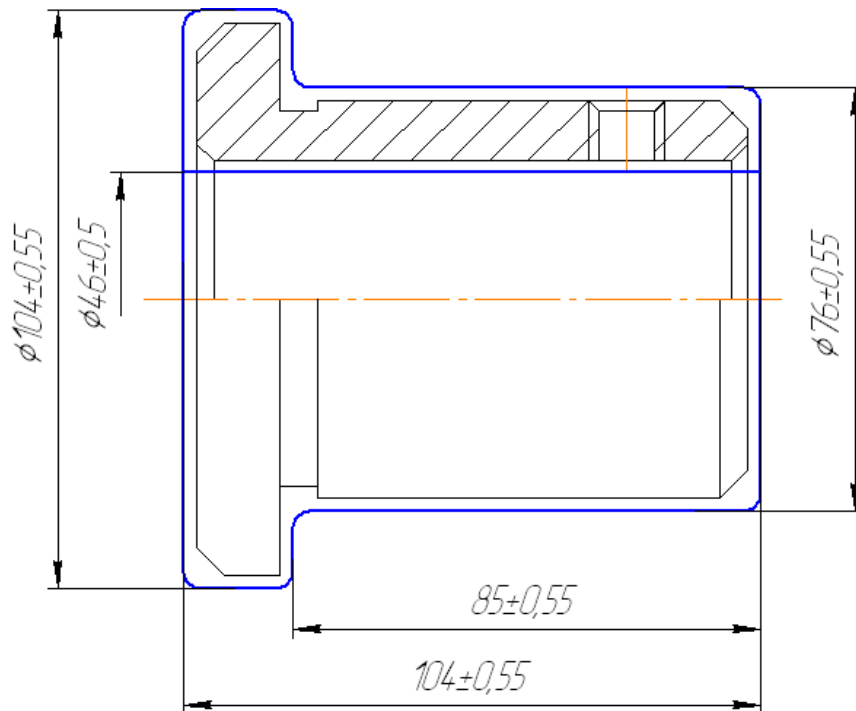


Рисунок 1.3 – Ескіз виливка

Додаткові конструктивні особливості для лиття в кокіль (згідно [3, с. 24–26]):

- I. Формувальні ухили: для зовнішніх поверхонь —  $10^\circ$ ; для внутрішніх поверхонь —  $20^\circ$
- II. Радіуси заокруглень — 3 мм
- III. Радіуси галтелей — 4 мм

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу

$$1. \text{Об'єм виливка: } V_3 = V_1 + V_2 - V_3 = \frac{\pi}{4} (104^2 \cdot 19 + 76^2 \cdot 85 - 46,8^2 \cdot 104) = 367,913 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3.$$

$$2. \text{Маса виливка: } m_{зв} = 367,913 \cdot 10^{-6} \times 7850 = 2,89 \text{ кг}$$

$$3. \text{Коефіцієнт використання матеріалу: } K_{вм} = \frac{m_o}{m_{зв}} = \frac{1,7}{2,89} = 0,59.$$

Отже коефіцієнт використання матеріалу при литті в кокіль становить 0,59, що є кращим за прокат (0,24) і лише на 0,02 нижчим, ніж у поковки (0,61). З урахуванням нижчої собівартості лиття порівняно зі штампуванням, цей метод виготовлення заготовки є найбільш доцільним для даної деталі.

Креслення заготовки, отриманої литтям у кокіль, подано у графічній частині роботи (аркуш 1).

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

## 1.5 Розробка маршруту обробки деталі

Проектування технологічного процесу виготовлення деталі *Втулка ВС-01.1002.72* передбачає обґрунтований вибір маршруту обробки, типу обладнання та оснащення. Вибір залежить від характеру деталі, вимог до точності, шорсткості поверхонь та умов виробництва. Одним із ключових факторів при цьому є **тип виробництва**, що безпосередньо впливає на побудову маршруту обробки.

На вибір маршруту механічної обробки, а також відповідного обладнання та технологічного оснащення, насамперед впливає тип виробництва, що визначається річною програмою випуску деталей.

Згідно з вихідними даними, тип виробництва — середньосерійний, а річна програма випуску становить:  $N=7482$  шт/рік.

Середньосерійне (або серійне) виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. У такому типі виробництва технологічний процес, як правило, диференційований, тобто поділений на окремі операції, кожна з яких закріплюється за певним верстатом або робочим місцем.

Для виконання операцій у серійному виробництві застосовуються різні типи верстатів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні, автоматизовані.

При використанні універсального обладнання обов'язковим є широке застосування спеціалізованих і спеціальних пристроїв, а також спеціального різального та вимірювального інструменту, що дозволяє забезпечити продуктивність, точність та стандартизацію обробки.

Серійне виробництво вважається економічно ефективнішим за одиничне, оскільки:

- краще використовується обладнання;
- зростає продуктивність праці;

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- знижується собівартість виробу;
- досягається спеціалізація робочих місць.

Це робить серійне виробництво найбільш поширеним типом у загальному та середньому машинобудуванні.

#### *Послідовність механічної обробки деталей*

Виробничий процес виготовлення деталей 3-го класу (порожністі циліндри) має свою специфіку, пов'язану з особливостями форми, наявністю внутрішніх отворів і вимогами до співвісності оброблюваних поверхонь. Така категорія деталей широко застосовується в машинобудуванні як корпусні елементи, втулки, обойми, гільзи тощо. Їхня обробка здійснюється за типовою маршрутою схемою, що охоплює низку базових і допоміжних етапів.

Згідно з [2, с. 54], технологічна послідовність механічної обробки включає такі основні етапи:

1. Чорнова та чистова обробка зовнішніх і внутрішніх поверхонь обертання

*Сюди належить обточування зовнішніх циліндричних і конічних ділянок, розточування внутрішніх отворів, обробка торців, фасонних і посадкових поверхонь. Цей етап визначальний, оскільки задає базову геометрію деталі.*

2. Обробка другорядних поверхонь

*Виконується свердління отворів, зенкерування, розгортання, нарізання внутрішньої або зовнішньої різьби, обробка плоских лисок, шпонкових або сегментних канавок, а також інші функціональні елементи, які не є основними базами, але впливають на функціональність.*

3. Обробка спеціальних поверхонь

*За наявності: зубчастих вінців, храпових механізмів, профілів зірочок, шліцьових отворів, шліцевих валів тощо. Такі поверхні мають високі вимоги до точності профілю та часто обробляються на спеціальних верстатах (наприклад, зубофрезерних або шліцешліфувальних).*

4. Обробка допоміжних поверхонь, пов'язаних зі спеціальними

*Наприклад: свердління отвору у впадині зуба, виконання радіусних переходів*

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

між елементами зубців, заокруглення кромки, зняття задирок, контрольна доводка та інші операції, необхідні для завершення профільної геометрії.

#### 5. Зміцнювальна обробка

Термічна або хіміко-термічна обробка (цементація, загартування, нормалізація, відпал), що виконується у разі наявності вимог до зносостійкості, твердості або втомної міцності. Проводиться до або після чистової обробки, залежно від специфіки матеріалу й деталі.

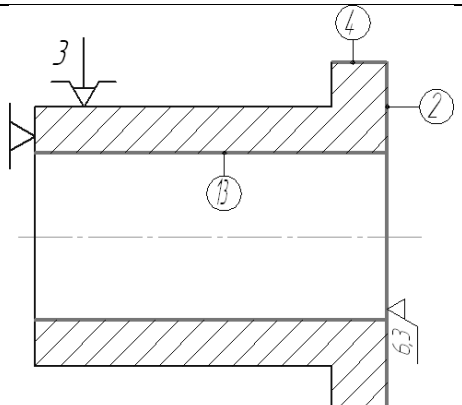
#### 6. Викінчувальна (оздоблювальна) обробка

Застосовується для отримання високої точності (IT6–IT8) і низької шорсткості (до Ra 0,2 мкм). Включає шліфування, полірування, доводку, хонінгування, суперфінішування та інші операції для забезпечення точного з'єднання або герметичності поверхонь.

Цей загальний план обробки застосовується незалежно від типу виробництва, а відмінності між типами полягають, головним чином, у виборі обладнання, оснащення та рівні автоматизації процесу.

Технологічний процес записується операційно, з чітким переліком усіх переходів — див. табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Проектний технологічний процес (Втулка ВС-01.1002.72)

№	Назва та зміст операції.	Обладнання.	Схема базування.
1	2	3	4
005	Заготівельна (Литво в кокіль)	-	-
010	Термічна обробка (Нормалізація)	-	-
015	Токарна Встановити, закріпити і зняти заготовку 1. Підрізати торець 2. 2. Точити пов. 4 попередньо 3. Розточити пов. 13 попередньо.	Токарний мод. JET BD-920 Патрон трьохкулачковий самоцентруючий ДСТУ 2675-80	

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4
020	<p>Токарна з ЧПК</p> <p><i>Встановити, закріпити і зняти заготовку</i></p> <p>1. Підрізати торець 11.</p> <p>2. Підрізати торець пов. 5.</p> <p>3. Точити пов. 7 начорно.</p> <p>4. Точити пов. 7 напівчисто.</p> <p>5. Точити канавку б.</p> <p>6. Розточити пов. 13 начисто,</p> <p>7. Точити фаску 12 (3×45°).</p>	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>мод. Zenitech</p> <p>WM 500-1500</p> <p>Патрон</p> <p>трьохкулачковий</p> <p>самоцентруючий</p> <p>ДСТУ 2675-80</p>	
025	<p>Токарна</p> <p><i>Встановити, закріпити і зняти заготовку</i></p> <p>1. Точити пов. 4 начисто.</p> <p>2. Точити фаску пов. 3.</p> <p>3. Розточити отв. 13 тонко</p> <p>4. Точити фаску 1.</p>	<p>Токарний мод.</p> <p>JET BD-920</p> <p>Патрон</p> <p>трьохкулачковий</p> <p>самоцентруючий</p> <p>ДСТУ 2675-80</p>	
030	<p>Токарно</p> <p><i>Встановити, закріпити і зняти заготовку</i></p> <p>1. Точити пов. 7 начисто.</p> <p>2. Точити пов. 7 тонко.</p> <p>3. Точити фаску 10.</p>	<p>Токарний мод.</p> <p>JET BD-920</p> <p>Патрон</p> <p>трьохкулачковий</p> <p>самоцентруючий</p> <p>ДСТУ 2675-80</p>	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4
035	<p>Вертикально-свердлильна</p> <p>Встановити, закріпити і зняти заготовку</p> <p>1. Свердлити отв. 9 в <math>\text{Ø}12^{+0,4}</math> під різьбу M14..</p> <p>1. Зенкувати фаску 8.</p> <p>2. Нарізати різьбу M14-7H</p>	<p>Вертикально-свердлильний мод. Bernardo</p> <p>UWF 110</p> <p>Пристрій свердлильний</p>	
040	<p>Фрезерна</p> <p>Встановити, закріпити і зняти заготовку</p> <p>1. Фрезерувати лиски</p> <p>2. Фрезерувати лиски в розмір 72 h9 мм</p> <p>3. Фрезерувати паз в розмір 12H9 мм, на глибину 8 мм</p>	<p>Фрезерний мод. FSS 400PA</p> <p>пристрій УЗП спец. з ДПГ-160</p>	<p>Див. під таблицею 1.7 (Рис 1.5.1 - Фрезерування лисок в розмір 72 h9 мм), та (Рис 1.5.2 Фрезерування пазу в розмір 12H9 мм, на глибину 8 мм)</p>
045	<p>Слюсарна</p> <p>Зняти задирки. Гострі кромки притупити.</p>	<p>Верстак слюсарний</p>	-
055	<p>Контрольна</p>	<p>Стіл ВТК</p>	-

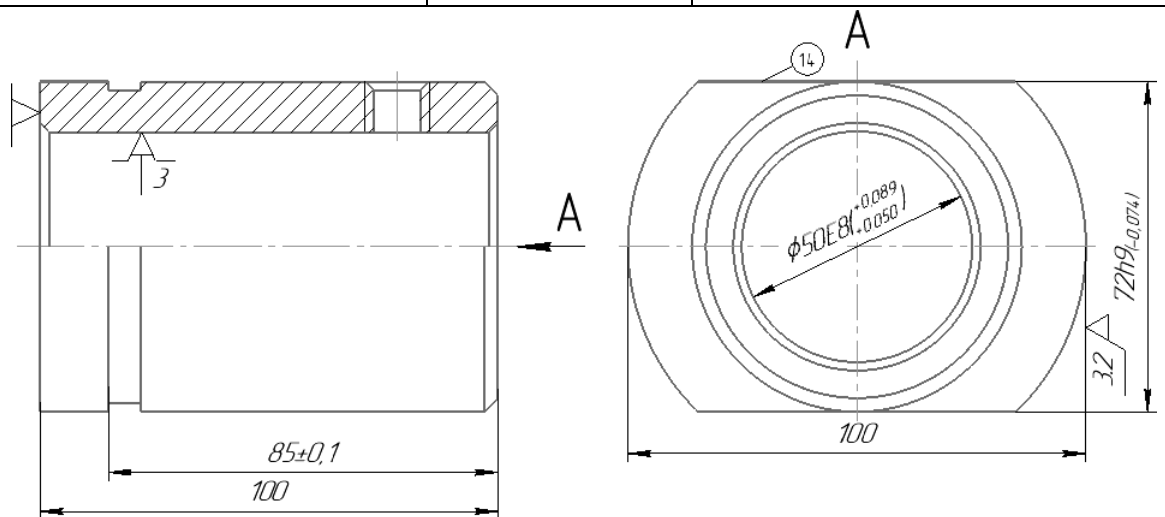


Рис 1.5.1 - Фрезерування лисок в розмір 72 h9

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			29

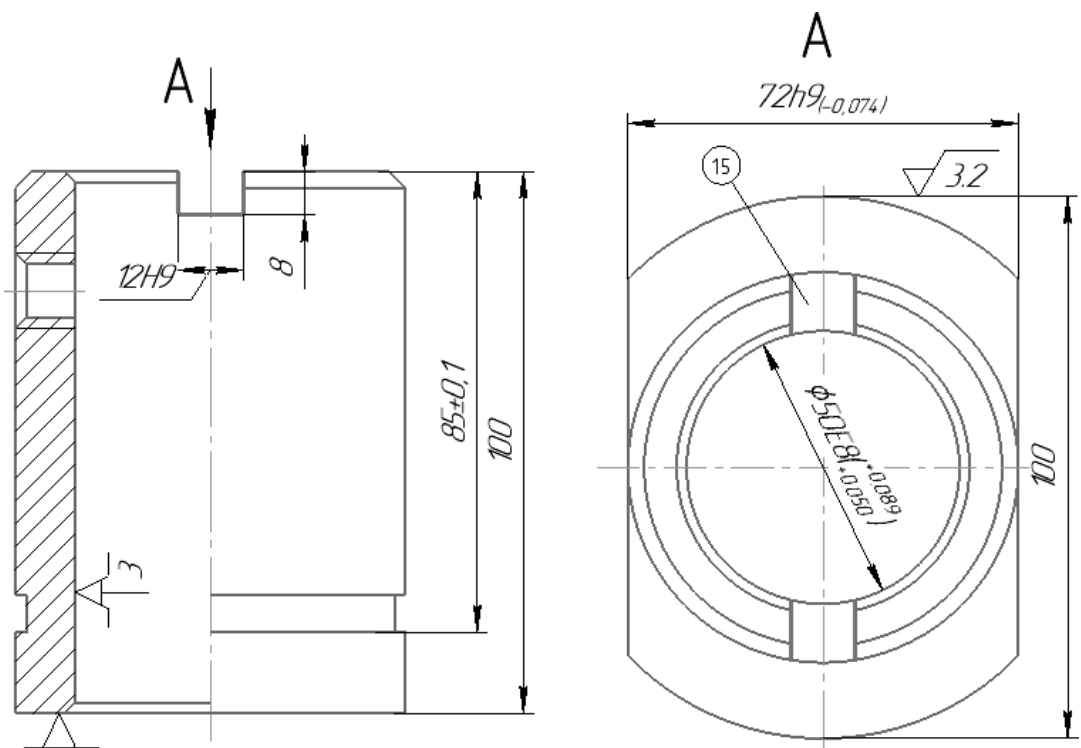


Рис 1.5.2 Фрезерування пазу в розмір 12H9 мм, на глибину 8 мм.

Технологічний процес побудовано за диференційованим принципом, характерним для серійного виробництва: кожна операція виконується на окремому верстаті або робочому місці, із закріпленням переходів за відповідним обладнанням. Основу обробки складають токарні операції, які забезпечують формування основних циліндричних, торцевих та внутрішніх поверхонь. Складні поверхні — лиски та торцевий паз — виконуються на фрезерному верстаті з використанням УЗП (універсально-збірного пристрою), а різьбовий отвір — на свердлильному верстаті з пристроєм фіксації.

*Такий маршрут забезпечує:*

- поетапне формування всіх функціональних поверхонь;
- оптимальне використання обладнання;
- зниження трудомісткості й втрат часу на переналадження;
- можливість масштабування виробництва без зміни структури процесу.

*Таким чином, запропонований маршрут обробки повністю відповідає вимогам до виготовлення деталі в умовах серійного виробництва та забезпечує стабільне досягнення необхідної якості виробу.*

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

## 1.6 Призначення припусків на механічну обробку поверхонь

На етапі проектування технологічного процесу важливим завданням є раціональне призначення припусків на механічну обробку. Оптимальні припуски повинні гарантувати досягнення необхідної точності розмірів і якості оброблених поверхонь при мінімальних витратах часу, енергоресурсів і металу.

Зменшення припусків без втрати якості сприяє зниженню собівартості виготовлення деталі, підвищенню продуктивності обладнання та економії матеріалу.

Виходячи з цього, припуски на обробку поверхонь втулки ВС-01.1002.72 призначено відповідно до нормативних джерел з урахуванням типу обробки, матеріалу деталі та вимог до точності.

Таблиця 1.8 – Припуски на механічну обробку поверхонь деталі (*Втулка ВС-01.1002.72*) (за [14], табл. 3.73 та с. 163)

№ пер.	Переходи механічної обробки, номер поверхні	Величина припуску	Використана література
1	Чорнове точіння (2, 11)	$Z=2$ мм	[14] с.195, табл. 3,73
1	Точіння чорнове (4)	$2Z=1,5$ мм	[14] с.163
2	Точіння чистове (4)	$2Z=0,45$ мм	
1	Чорнове точіння (5)	$Z=2$ мм	[14] с.195, табл. 3,73
1	Точіння чорнове (7)	$2Z=2,1$ мм	[14] с.163
2	Точіння напівчистове (7)	$2Z=1,1$ мм	
3	Точіння чистове (7)	$2Z=0,55$ мм	
4	Точіння тонке (7)	$2Z=0,25$ мм	
1	Розточування чорнове (13)	$2Z=2,5$ мм	[14] с.163
2	Розточування чистове (13)	$2Z=1,2$ мм	
3	Розточування тонке (13)	$2Z=0,3$ мм	

## 1.7 Розрахунок режимів різання і основного часу

Для визначення оптимальних режимів різання в рамках проектування технологічного процесу виготовлення деталі *Втулка ВС-01.1002.72* застосовано таблично-нормативний метод. Його суть полягає у виборі рекомендованих значень технологічних параметрів (глибини різання, подачі, швидкості різання) відповідно до типу обробки, матеріалу деталі та інструменту, а також виду обладнання. Отримані значення коригуються поправочними коефіцієнтами, які враховують умови обробки, після чого на їх основі виконується розрахунок основного часу.

Вибір режимів різання здійснено згідно з нормативними джерелами:

- для *токарних операцій* – за [12, с. 13–29];
- для *свердлильних операцій* – за [12, с. 104–123];
- для *фрезерних операцій* – за [12, с. 125–141].

Вибір режимів різання здійснювався за наступною методикою:

1. враховано матеріал оброблюваної деталі (сталь 40), тип обробки, різальний матеріал інструменту; З нормативів визначено глибину різання ( $t$ ), подачу ( $S$ ) та швидкість різання ( $V$ );
2. за формулою розраховано частоту обертання шпинделя ( $n$ ), яку уточнено відповідно до паспортних значень верстатів;

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$$

3. після уточнення режимів обробки обчислено основний машинний час за формулами згідно з [7, с. 146–147].

Чорнове підрізання торця –  $0,037(D^2-d^2)$ ;

Чорнове точіння за один прохід –  $0,17dl$ ;

Напівчистове точіння по 10-му квалітету –  $0,11dl$ ;

Чистове точіння по 8-му квалітету –  $0,18dl$ ;

Свердління отворів –  $0,52dl$ ;

Зенкерування –  $0,21dl$ ;

Розсвердлювання отворів діаметром від 20 до 60 мм –  $0,31dl$ ;

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нарізання різьби - 19dl;

Чорнове і чистове обточування фасонним різцем -  $0,63(D^2-d^2)$ ;

Розточування отворів на токарних верстатах - 0,18dl;

Нарізання мітчиком різьби в отворах( $d=10\dots24$ ) – 0,4dl.

Таблиця 1.9 – Режими різання та основний машинний час

№ оп.	Переходи механічної обробки	Розміри оброб. пов.		Режими різання				Основний час То,хв
		D, мм	L, мм	t, мм	S, мм/об	V, м/хв	n, хв.	
015	Токарна							
	1. Підрізати торець 2.	104	29	2	0,2	103	315	0,32
	2. Точити пов. 4 попередньо	101	19	1,5	0,2	100	315	0,35
	3. Розточити пов. 13 попередньо.	48,5	102	1,25	0,2	48	315	0,89
								ΣТо= 1,56
020	Токарна з ЧПК							
	1. Підрізати торець 11.	76	15	2,5	0,2	75	315	0,14
	2. Підрізати торець пов. 5.	101	12,5	2	0,2	100	315	0,17
	3. Точити пов. 7 начорно.	74	85	1,05	0,2	73	315	1,07
	4. Точити пов. 7 напівчисто.	72,8	85	0,55	0,15	114	500	1,05
	5. Точити канавку 6.	74	3	7	0,125	73	315	0,73
	6. Розточити пов. 13 начисто,	49,7	100	0,6	0,125	78	500	0,89
7. Точити фаску 12 ( $3\times45^0$ ).	56	3	3	0,2	55	315	0,03	
								ΣТо= 4,08
025	Токарна							
	1. Точити пов. 4 начисто.	100	15	0,5	0,15	157	500	0,27
	2. Точити фаску пов. 3.	100	5	5	0,125	99	315	0,09
	3. Розточити отв. 13 тонко	50	100	0,5	0,125	99	630	0,9
4. Точити фаску 1.	56	3	3,0	0,125	55	315	0,03	
								ΣТо= 1,29
030	Токарна							
	1. Точити пов. 7 начисто	76,5	78	0,27	0,15	120	500	1,07
	2. Точити пов. 7 тонко.	76	78	0,12	0,125	150	630	1,07
3. Точити фаску 10.	76	5	5	0,125	75	315	0,07	
								ΣТо= 2,21

Продов. табл.1.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
035	Вертикально-свердлильна							
	1. Свердлити отв. 9 в $\varnothing 12^{+0,4}$ під різьбу M14..	12	13	0,28	0,15	162	500	0,18
	2. Зенкувати фаску 8.	16	2	2	0,2	81	710	0,09
	3. Нарізати різьбу M14-7H	14	13	1	2	11	250	0,28
							$\Sigma T_o = 0,55$	
040	Фрезерна							
	1. Фрезерувати лиски							
	2. Фрезерувати лиски в розмір 72 h9 мм	100	69,4	14/5	0,12	60	190	1,47
	3. Фрезерувати паз в розмір 12H9 мм	72	69,4	14/5	0,12	60	190	1,47
	на глибину 8 мм	12	72	8/2	0,08	110	110	0,62
							$\Sigma T_o = 3,56$	

Отже вибрані режими різання є раціональними з точки зору продуктивності, зносостійкості інструменту та якості оброблених поверхонь. Вони повністю відповідають умовам середньосерійного виробництва та забезпечують необхідну техніко-економічну ефективність виготовлення деталі.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

## 1.8 Технічне нормування операцій

У системі організації машинобудівного виробництва технічне нормування відіграє ключову роль. Під технічним нормуванням розуміють процес встановлення науково обґрунтованих норм часу на виконання технологічних операцій або норм виробітку в одиницю часу. Нормування забезпечує планомірне завантаження обладнання, раціональне використання робочого часу, точне планування виробничих процесів, а також є основою для економічного розрахунку собівартості та формування цін.

Правильне визначення норм часу дозволяє:

- оптимізувати тривалість виконання операцій;
- зменшити виробничі втрати часу;
- підвищити продуктивність праці;
- забезпечити стабільність виробничого циклу;
- оцінити ефективність застосованої технології;
- впроваджувати мотиваційні системи оплати праці.

Особливо важливим нормування є в умовах серійного виробництва, де великі обсяги випуску потребують точного прогнозування витрат часу на кожну операцію. Невірно призначені норми часу можуть призвести або до перевантаження робочих місць, або до низького коефіцієнта завантаження устаткування, що знижує ефективність виробництва.

У рамках даного проєкту для деталі Втулка ВС-01.1002.72 було виконано розрахунок штучно-калькуляційного часу, який враховує не лише основний машинний час, але й допоміжний, підготовчо-заклучний та обслуговуючий час. Для цього використовується коефіцієнт переводу  $\phi$ , що залежить від типу обробки, складності операції, рівня оснащення та автоматизації.

Згідно з рекомендаціями [7, с. 147], норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою:

$$T_{шт.к} = \phi \cdot T_0,$$

де:

$T_0$  — основний машинний час, хв;

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\phi$  — коефіцієнт переводу, безрозмірна величина;

$T_{шт.к}$  — штучно-калькуляційний час, хв.

Значення коефіцієнта  $\phi$  для кожної операції приймається на основі типових довідників, а також залежно від типу верстата (універсальний або з ЧПК), складності закріплення деталі, необхідності переналагодження інструменту та наявності допоміжних операцій (змащування, очищення, вимірювання тощо).

Таблиця 1.10 – Технічне нормування операцій

Номер і назва операції	$T_o$ , хв	$\phi$	$T_{шт.к}$ , хв
015 Токарно-гвинторізна	1,56	2,14	4,63
020 Токарна з ЧПК	4,08	1,85	7,55
025 Токарно-гвинторізна	1,29	2,14	2,76
030 Токарно-гвинторізна	2,21	2,14	4,73
035 Вертикально-свердлильна	0,55	1,72	0,95
040 Вертикально-фрезерна	3,56	1,64	5,83
Всього $T_{шт.к}$			26,45

Таким чином, сукупний штучно-калькуляційний час на виготовлення однієї деталі становить 26,45 хв, що є основою для подальших економічних розрахунків: визначення трудомісткості, потреби у фонді часу, чисельності персоналу тощо. Наявність обґрунтованих норм дозволяє не лише планувати виробництво, а й управляти ним на рівні операційного контролю.

## 2 Конструкторська частина

### 2.1 Пристрій для механічної обробки

#### 2.1.1 Опис призначення, конструкції і принципу роботи пристрою

У технологічному процесі виготовлення втулки ВС-01.1002.72 однією з важливих операцій є 035 – вертикально-свердлильна, яка включає свердління отвору під різьбу М14-7Н, зенкування фаски та нарізання внутрішньої різьби. Для забезпечення надійного базування і фіксації деталі під час обробки на вертикально-свердлильному верстаті використовується спеціально спроектований свердлильний пристрій.

*Призначення пристрою:*

Пристрій призначено для:

- жорсткого і точного затиску втулки під час свердління отвору Ø12 мм;
- забезпечення надійного позиціонування деталі у фіксованому положенні;
- зручного обертання кондукторної плити при переході до наступних етапів обробки (зенкування та нарізання різьби).

*Конструкція пристрою:*

Основними конструктивними елементами пристрою є:

- основа (1) – корпус пристрою, який жорстко фіксується до робочого столу верстата;
- гвинтовий затискний механізм (2) – служить для переміщення рухомого упора;
- затискна гайка (3) – дозволяє фіксувати плиту в потрібному положенні;
- рухомий упор (4) – забезпечує осьовий затиск деталі з одного боку;
- нерухомий упор (5) – задає фіксовану базову позицію втулки;
- призма (14) – для точного базування втулки по зовнішній циліндричній поверхні;

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- кондукторна плита (8) – має отвори для свердління і різьбонарізання;
- штопорний механізм (11, 12) – забезпечує поворот і фіксацію плити;
- ручка керування (10) – дозволяє обертати плиту вручну.

*Принцип роботи:*

1. Встановлення деталі:

Втулка вручну встановлюється на призму 14, при цьому торець деталі притискається до нерухомого упора 5.

2. Фіксація:

За допомогою гвинтового механізму 2 рухомий упор (4) переміщується вперед, забезпечуючи надійний затиск деталі. У результаті всі шість ступенів вільності деталі усуваються, що дозволяє виконувати обробку з високою точністю.

3. Свердління:

Свердлом Ø12 мм виконується отвір під різьбу М14. Після завершення свердління інструмент відводиться вгору.

4. Поворот плити:

Для переходу до наступної операції відпускається затискна гайка (3), після чого, утримуючи ручку 10, піднімають штопор (11). Пливу (8) обертають навколо осі (12), доки вона не стане у нове фіксоване положення.

5. Зенкування і нарізання різьби:

Після перевертання кондукторної плити здійснюється зенкування фаски (8) і нарізання різьби М14-7Н.

6. Зняття деталі:

По завершенні обробки відводять рухомий упор (4), після чого деталь виймається з пристрою вручну.

*Переваги пристрою:*

- висока точність базування;

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- швидке встановлення та зняття деталі;
- універсальність використання в серійному виробництві;
- можливість багатопозиційної обробки без перекладання деталі;
- забезпечення технологічної послідовності операцій в одному пристро.

### 2.1.2 Розрахунок сили затиску

На рисунку 2.1 зобразимо схему закріплення деталі *Втулка ВС-01.1002.72* при обробці, та напрям дії сил.

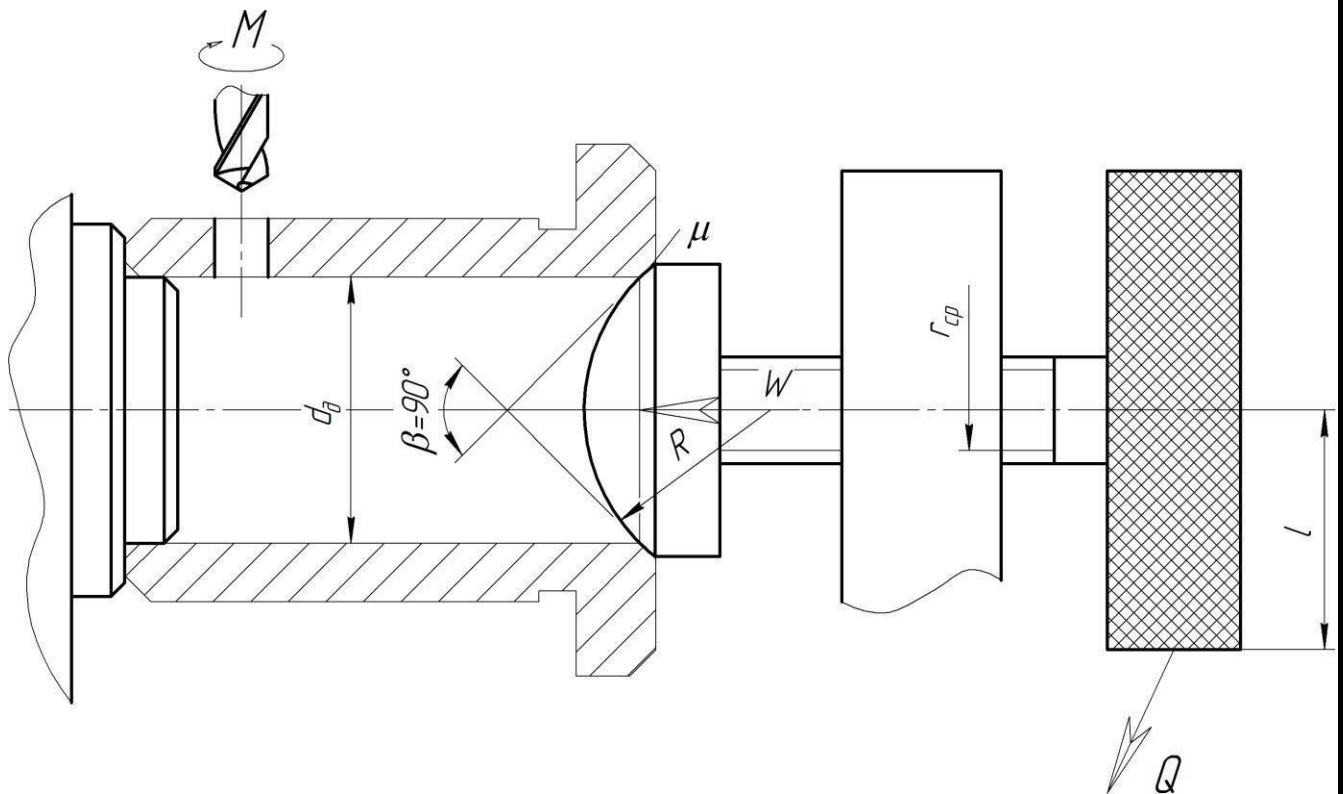


Рисунок 2.1 – Схема дії сил та затиску деталі *Втулка ВС-01.1002.72*

Як видно з рисунка 2.1 крутний момент  $M$ , що виникає при свердлінні, намагається повернути втулку навколо її осі. Цьому протидіє сила затиску  $W$ .

Рівняння рівноваги сил матиме вигляд:

$$M = W \cdot d_d / 2$$

де  $M$  – крутний момент при свердлінні,  $\text{кГ} \cdot \text{мм}$ ;

$d_d$  – діаметр деталі,  $\text{мм}$ ;

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			39

W - силу затиску яку отримують гвинтовим затиском визначається за формулою:

$$W = \frac{Ql}{\frac{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \mu R \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}{2}} \quad [15, \text{с.88, табл.14}]$$

де W – сила затиску, що розвивається гвинтом, кГ;

Q – сила прикладена до рукоятки, кГ;

l – довжина рукоятки, мм;

r<sub>cp</sub> – середній радіус різьби, мм;

R – радіус сфери гвинта, мм;

μ - коефіцієнт тертя на плоскому торці;

φ<sub>np</sub> – приведений кут тертя, °;

α - кут підйому різьби, °;

β - кут конусного поглиблення, °.

Визначаємо силу яку необхідно прикласти до рукоятки Q:

$$W = 2M/d = \frac{Ql}{\frac{r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \mu R \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2}}{2}} \Rightarrow Q = \frac{2M \cdot (r_{cp} \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{np}) + \mu R \operatorname{ctg} \frac{\beta}{2})}{d \cdot l}$$

Визначаємо крутний момент при свердлінні:

$$M = C_M \cdot D^m \cdot S^y \cdot K_p \text{ кГ} \cdot \text{м.} \quad [15, \text{с.435}]$$

де C<sub>M</sub>=0,0345, q<sub>M</sub>=2,0, Y<sub>M</sub>=0,8 – постійні коефіцієнти [15, с. 436, табл. 31].

D = 12 мм – діаметр інструменту, мм;

S=0,15 – подача, мм/об;

K<sub>p</sub> – загальний поправковий коефіцієнт, K<sub>p</sub>=K<sub>μp</sub>=(σ<sub>b</sub>/75)<sup>n</sup> [15, с. 430, табл. 21].

σ<sub>b</sub>=520 МПа=52кГ·мм<sup>2</sup> (для сталі 40).

n<sub>p</sub>=0,75 [15, с. 430, табл. 22].

K<sub>p</sub>=K<sub>μp</sub>=(52/75)<sup>0,75</sup>=0,76.

$$M = 0,0345 \cdot 12^2 \cdot 0,15^{0,8} \cdot 0,76 = 0,828 \text{ кГ} \cdot \text{м.} = 828 \text{ кГ} \cdot \text{мм.}$$

$$Q = \frac{2 \cdot 828 \cdot (10 \cdot \operatorname{tg}(60) + 0,25 \cdot 35 \cdot \operatorname{ctg} \frac{90}{2})}{50 \cdot 45} = 19,2 \text{ кГ} = 190 \text{ Н}$$

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.2 Опис інструментів

### 2.2.1 Різальний інструмент

У графічній частині проєкту подано креслення різального інструменту, який використовується для виконання токарних операцій у процесі виготовлення деталі Втулка ВС-01.1002.72. Зокрема, представлено два типи токарних різців з відповідною характеристикою та функціональним призначенням.

#### 1. Токарний прохідний упорний різець

Різець оснащений пластиною з твердого сплаву Т5К10 згідно з ДСТУ 3882–74, а його державка виготовлена зі сталі 45 відповідно до ДСТУ1050–88.

Призначення різця:

- обробка фасок на поверхнях №3 і №10 розміром  $5 \times 45^\circ$ ;
- обробка зовнішньої циліндричної поверхні №7 розміром  $\varnothing 72 \text{ гб}$ .

#### 2. Токарний прохідний розточний різець

Також оснащений твердосплавною пластиною Т5К10 (ДСТУ3882–74), а державка різця виготовлена зі сталі 45 (ДСТУ1050–88).

Призначення різця:

- розточування внутрішнього отвору поверхні №13 до розміру  $\varnothing 50 \text{ Е8}$ ;
- обробка фасок №1 і №12 розміром  $3 \times 45^\circ$ .

### 2.2.2 Контрольний інструмент

При конструюванні калібрів для контролю геометричних параметрів деталей застосовують принцип подібності, відомий також як принцип Тейлора. Згідно з цим принципом, прохідний калібр повинен максимально відтворювати форму деталі, яка є сполученою з контрольованим елементом. Такий калібр контролює розмір і форму по всій довжині поверхні спряження, забезпечуючи повноцінну перевірку працездатності з'єднання.

Натомість непрохідний калібр повинен перевіряти кожен параметр окремо, і тому має мінімальну робочу довжину, яка забезпечує контакт,

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

наближений до точкового. Такий підхід дозволяє зосередитись виключно на перевірці розміру, без впливу на оцінку форми чи відхилення від геометрії поверхні.

Відповідно до принципу Тейлора:

- Отвори доцільно контролювати за допомогою калібр-пробок;
- Вали — за допомогою калібр-кілець.

Однак на практиці, особливо у виробничих умовах, при контролі валів часто відступають від принципу подібності. Це пов'язано з тим, що при встановленні деталей на верстаті (наприклад, у центрах), застосування кільця є незручним. У таких випадках застосовують калібри-скоби, які дозволяють швидко і зручно перевірити вал у двох взаємно перпендикулярних напрямках без демонтажу.

Калібри-скоби мають контрольні поверхні, розташовані з внутрішнього боку скоби, і забезпечують швидку перевірку прохідності й непрохідності елемента в допусковому полі.

Допуски на розміри калібрів встановлено згідно з: ДСТУ 24853–81 «Калібри гладкі для розмірів до 500 мм. Допуски»

У відповідності до зазначених принципів і стандартів, у даному розрахунку буде визначено розміри прохідної та непрохідної скоби для контролю зовнішньої поверхні  $\varnothing 72g6$  з посадкою гб.

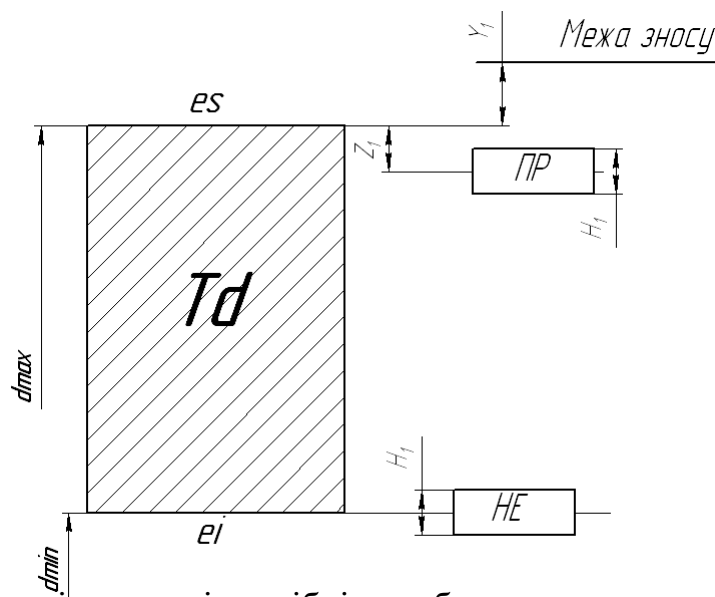


Рис. 2.2 – Схема полів допусків калібрів-скоб для контролю пов.  $\varnothing 72g6$   $\left( \begin{smallmatrix} -0,010 \\ -0,029 \end{smallmatrix} \right)$

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Таблиця 2.1 – Допуски і відхилення калібрів по ДСТУ 24853-81 для розміру  $\varnothing 72g6 \begin{matrix} (-0,010 \\ -0,029 \end{matrix}$

Z, мкм	Y, мкм	L, L <sub>I</sub> , мкм	Z <sub>1</sub> , мкм	Y <sub>1</sub> , мкм	H, мкм	H <sub>1</sub> , мкм	H <sub>p</sub> , мкм
2,5	2	0	4	3	3	5	2

Таблиця 2.2 – Виконавчі розміри калібрів для контролю розміру  $\varnothing 72g6 \begin{matrix} (-0,010 \\ -0,029 \end{matrix}$

Маркування калібра (а)	Призначення калібра	Вид калібра	Граничні розміри, мм		Розмір межі зносу		Виконавчий розмір, мм	
			MAX	MIN	формула	величина	формула	величина
$\varnothing 72g6 \begin{matrix} (-0,010 \\ -0,029 \end{matrix}$ ПР	робочий	скоба	71,989	71,984	$d_{\max} + Y_1 - L_I$	71,993	$(d_{\max} - Z_1 - L_I)$	71,984 <sup>+0,005</sup>
$\varnothing 72g6 \begin{matrix} (-0,010 \\ -0,029 \end{matrix}$ НЕ	робочий	скоба	71,974	71,969	-	-	$(d_{\min} + L_I)$	71,969 <sup>+0,005</sup>

Згідно розрахунково отриманих розмірів виконуємо креслення робочого калібра-скоби.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ			Арк.
								43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				

### 3 Проектування керуючої програми для верстата з ЧПК

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) здійснюють обробку деталі відповідно до заданої керуючої програми (КП), яка містить повний алгоритм переміщення інструменту, режимів різання та траєкторій обробки. Для створення такої програми в даному проєкті застосовано систему автоматизованої підготовки керуючих програм, яка орієнтована на верстати токарної та фрезерної груп.

Дана система САМ має зручне графічне середовище, широкі можливості для 3D- візуалізації, підтримує різні типи операцій та має вбудовані постпроцесори для більшості типів ЧПК-обладнання. Це забезпечує високу точність моделювання обробки, скорочення часу на підготовку програми та зменшення ймовірності помилок при передачі даних на верстат.

Початковими даними для створення керуючої програми є:

1. 3D-модель оброблюваної деталі;
2. модель заготовки;
3. послідовність технологічних переходів, передбачена технологічним маршрутом.

Твердотільне моделювання заготовки та готової деталі було виконано в системі Autodesk Inventor, яка дозволяє створити точні геометричні моделі та передати їх у САМ без втрати параметрів. Отримані моделі використовуються для віртуального моделювання обробки та створення оптимізованих траєкторій інструменту.

На рисунку 3.1 представлено 3D-моделі заготовки та обробленої деталі, які були використані при створенні керуючої програми.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

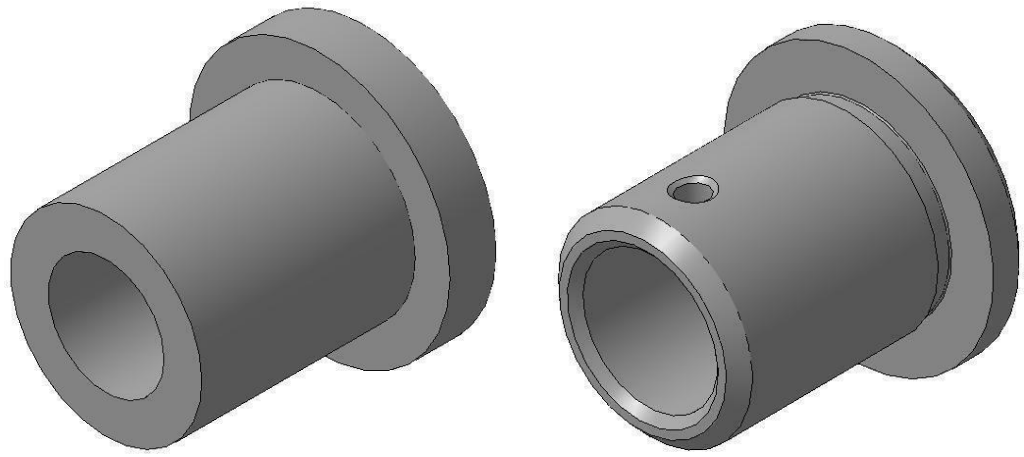


Рисунок 3.1 - 3D моделі заготовки та деталі

Для передачі інформації між різними системами проектування використовується універсальний графічний формат «\*.igs». Саме в такому форматі були збережені побудовані моделі для наступної роботи. Після запуску системи САМ файли 3D-моделей завантажуються в систему на закладці «3D модель» (рис. 3.2).

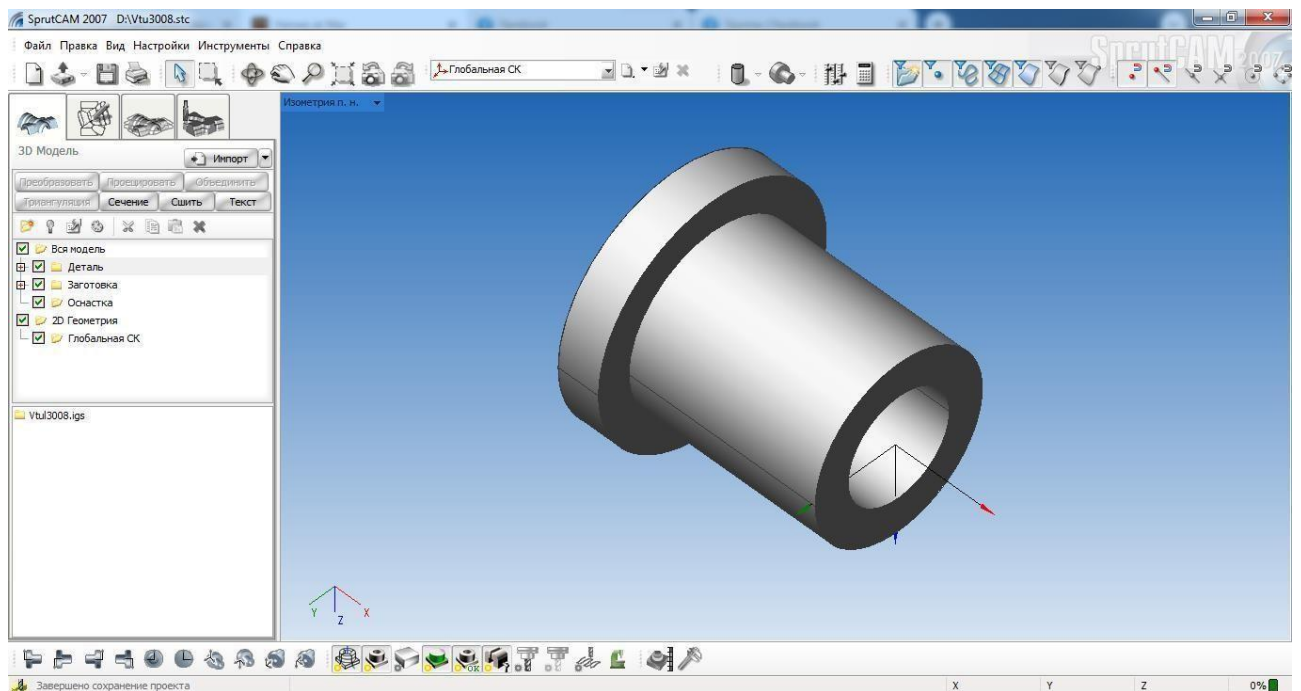


Рисунок 3.2 – 3D-моделі, імпортовані у систему САМ

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Після завантаження моделей переходимо на вкладку «Технологія» і вибираємо верстат з ЧПК, на якому буде йти обробка. При проектуванні переходів обробки деталі враховуємо розроблений технологічний процес, задаючи у вікні «Параметри» відповідні значення для робочих завдань на відповідний перехід (рис.3.3-3.13).

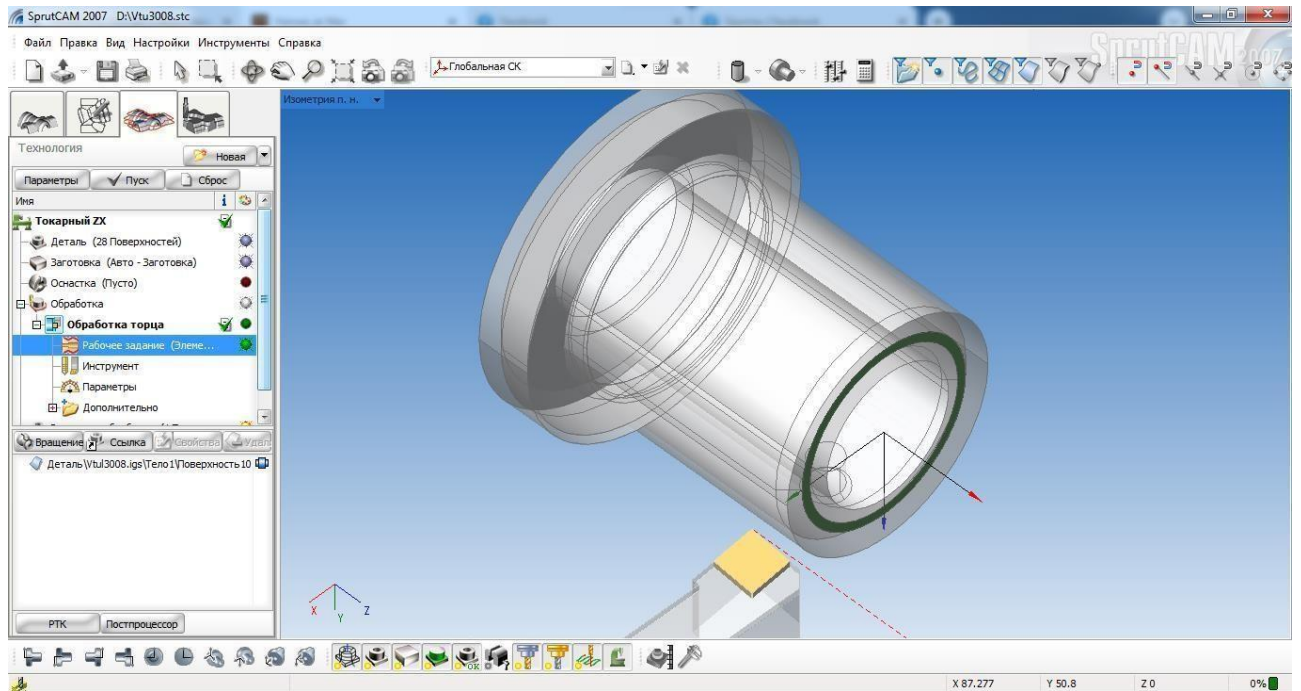


Рисунок 3.3 – Проектування обробки торця

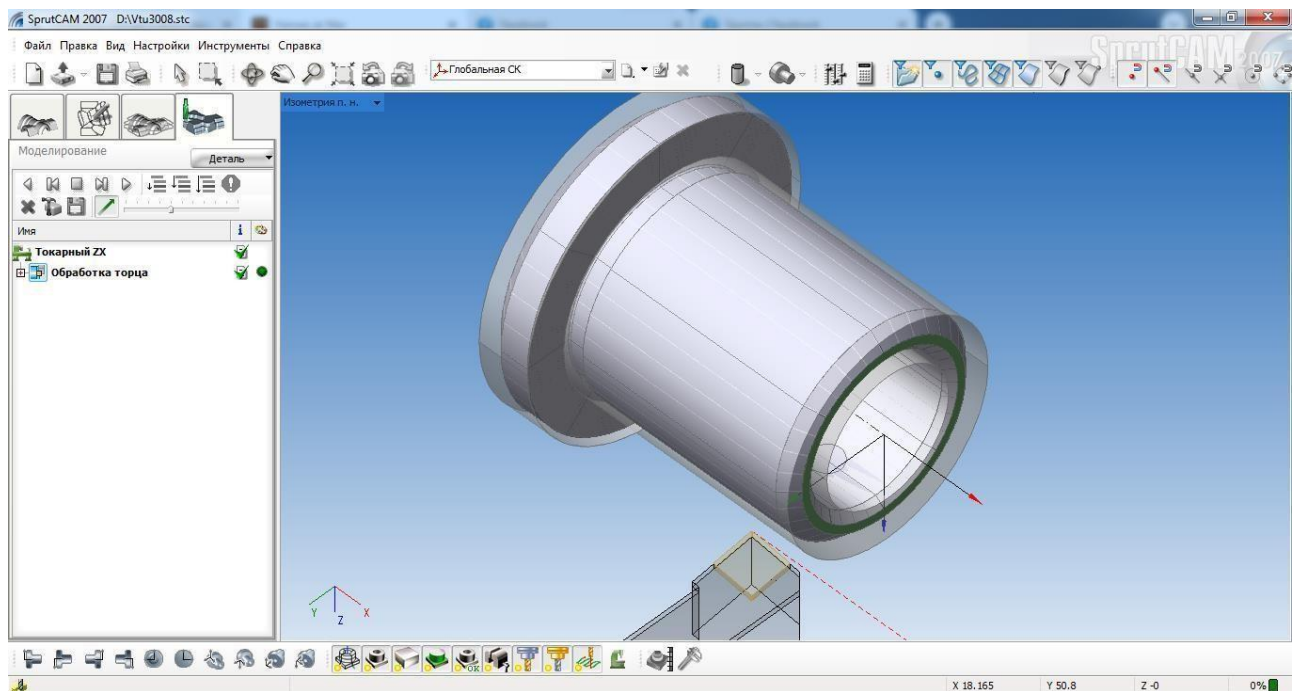


Рисунок 3.4 – Моделювання обробки торця

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

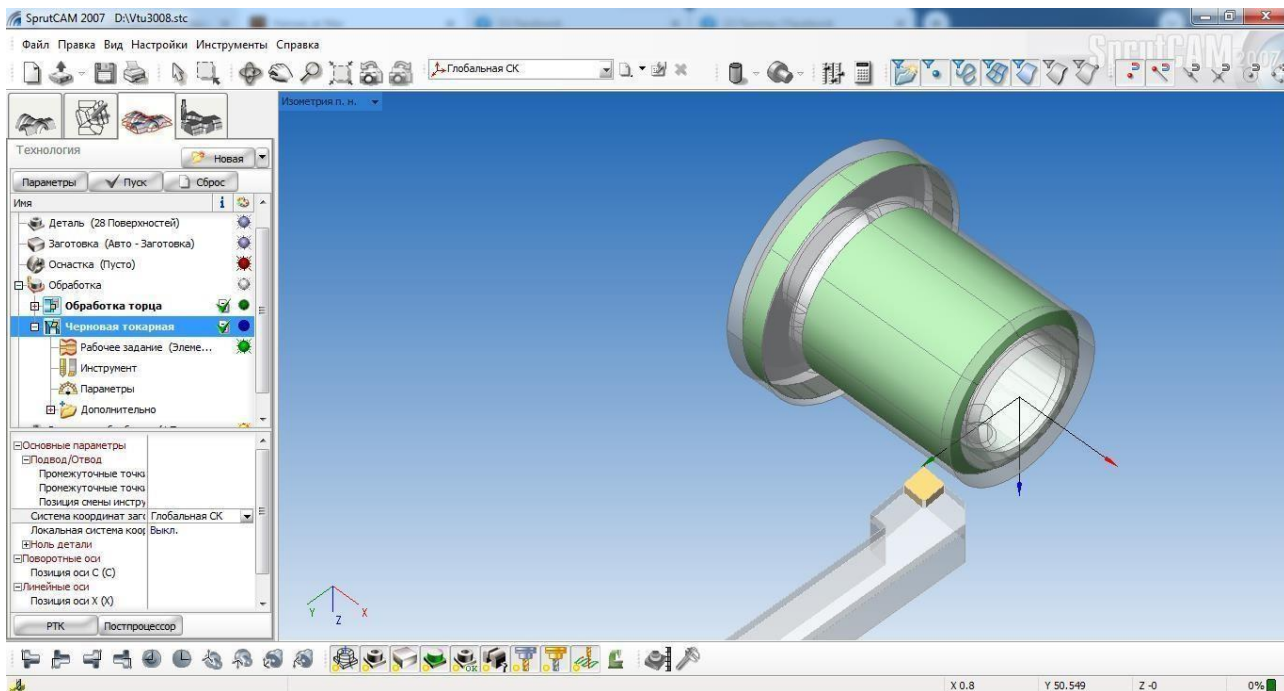


Рисунок 3.5 – Проектування чорнової обробки

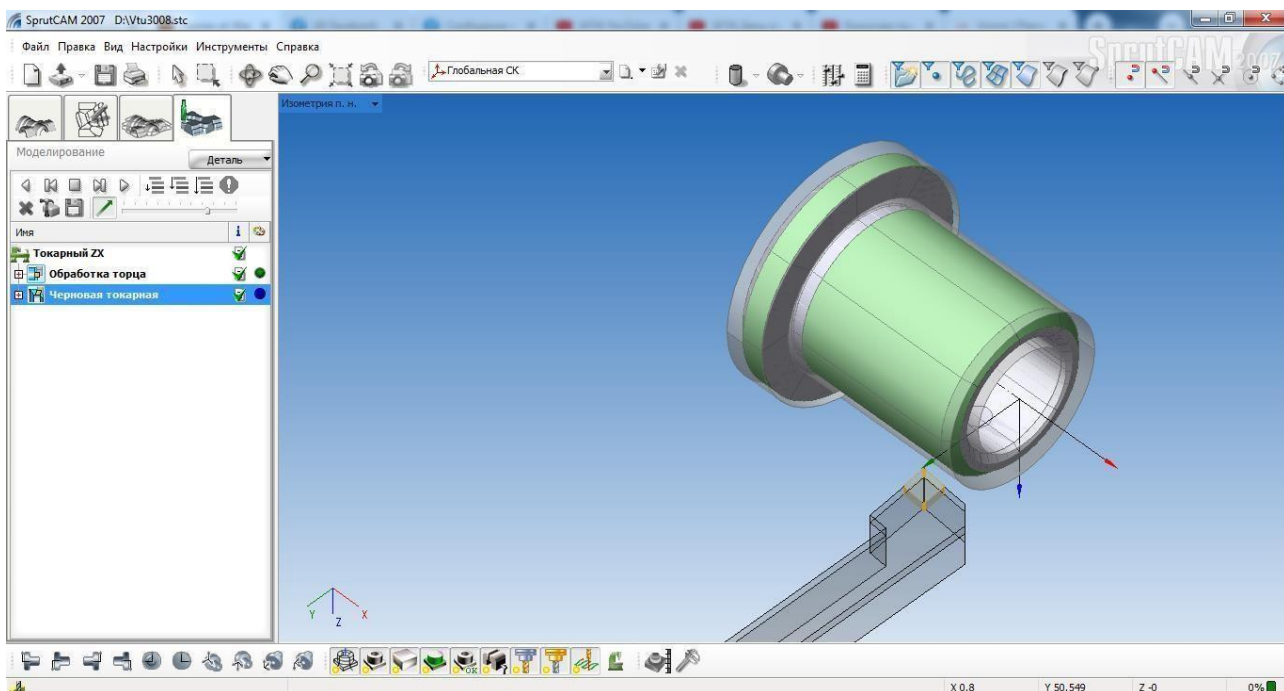


Рисунок 3.6 – Моделивання чорнової обробки

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						47

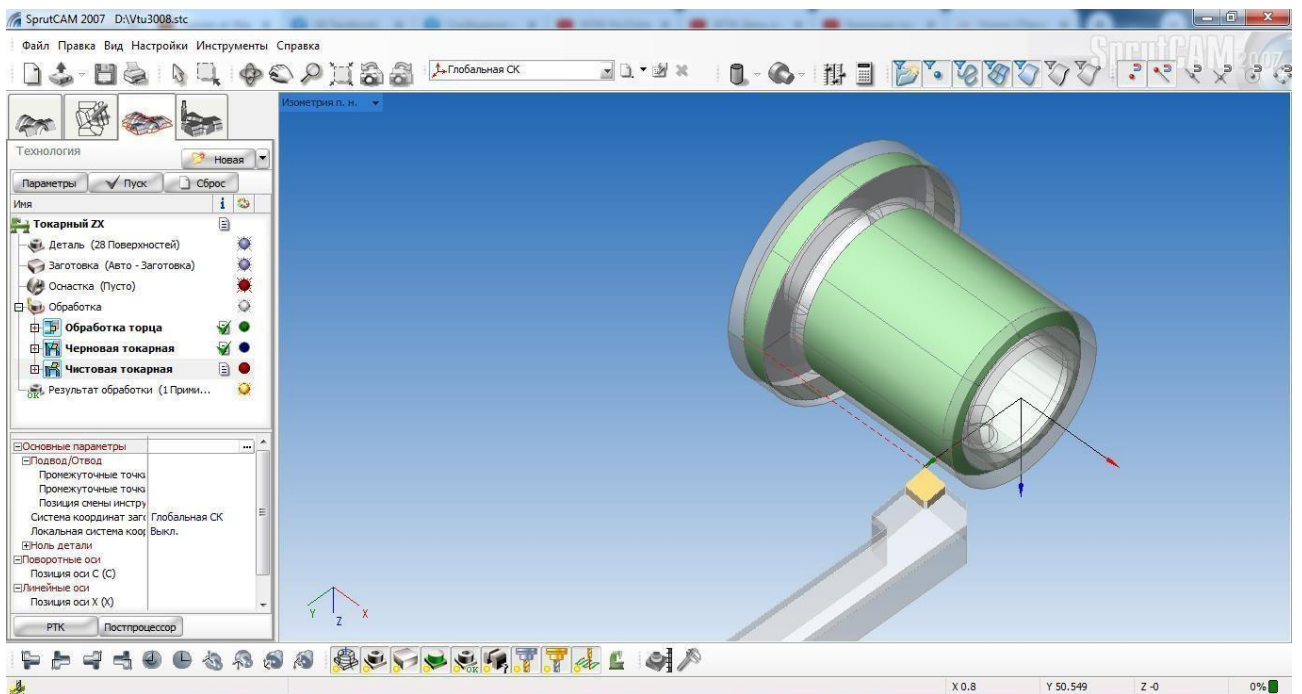


Рисунок 3.7 – Проектування чистової обробки

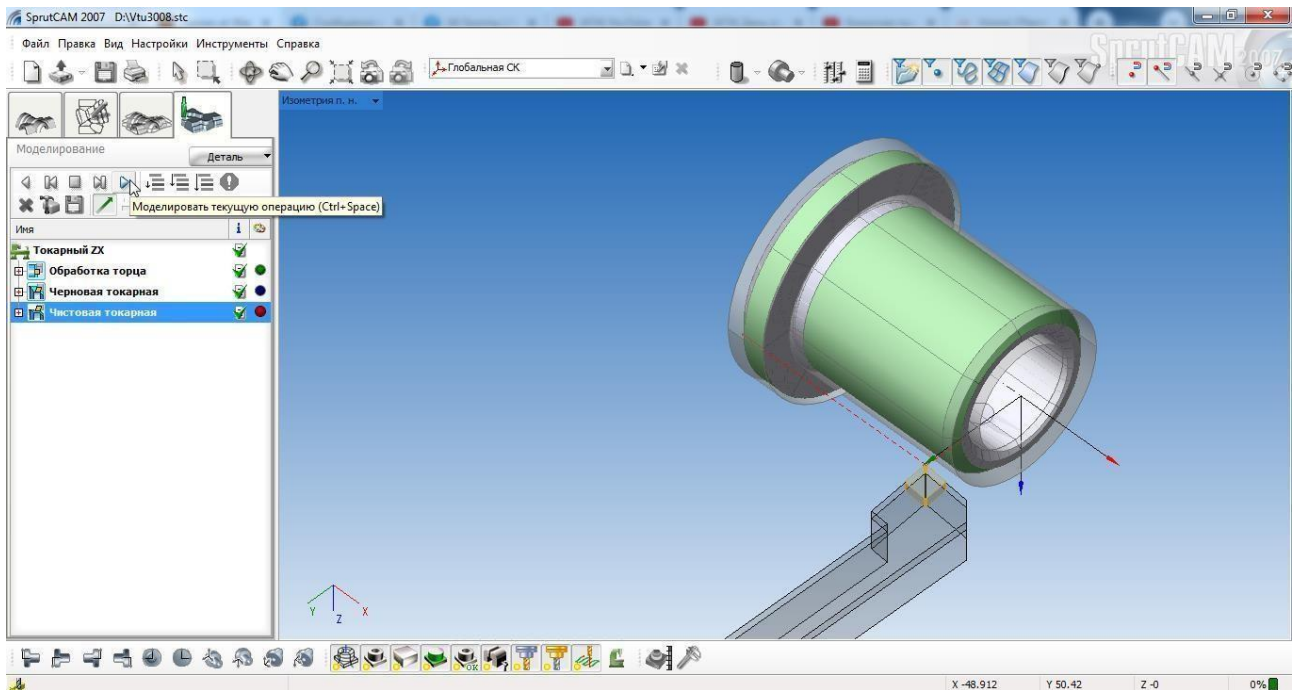


Рисунок 3.8 – Моделювання чистової обробки

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

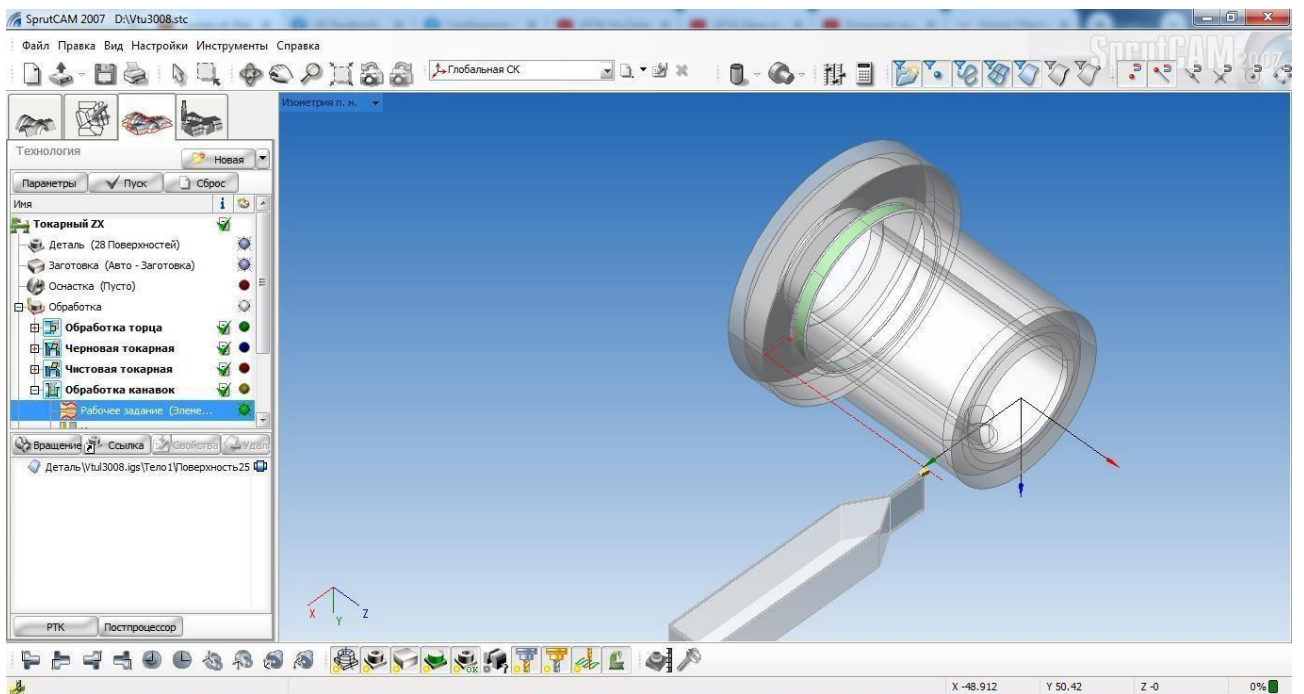


Рисунок 3.9 – Проектування обробки канавки

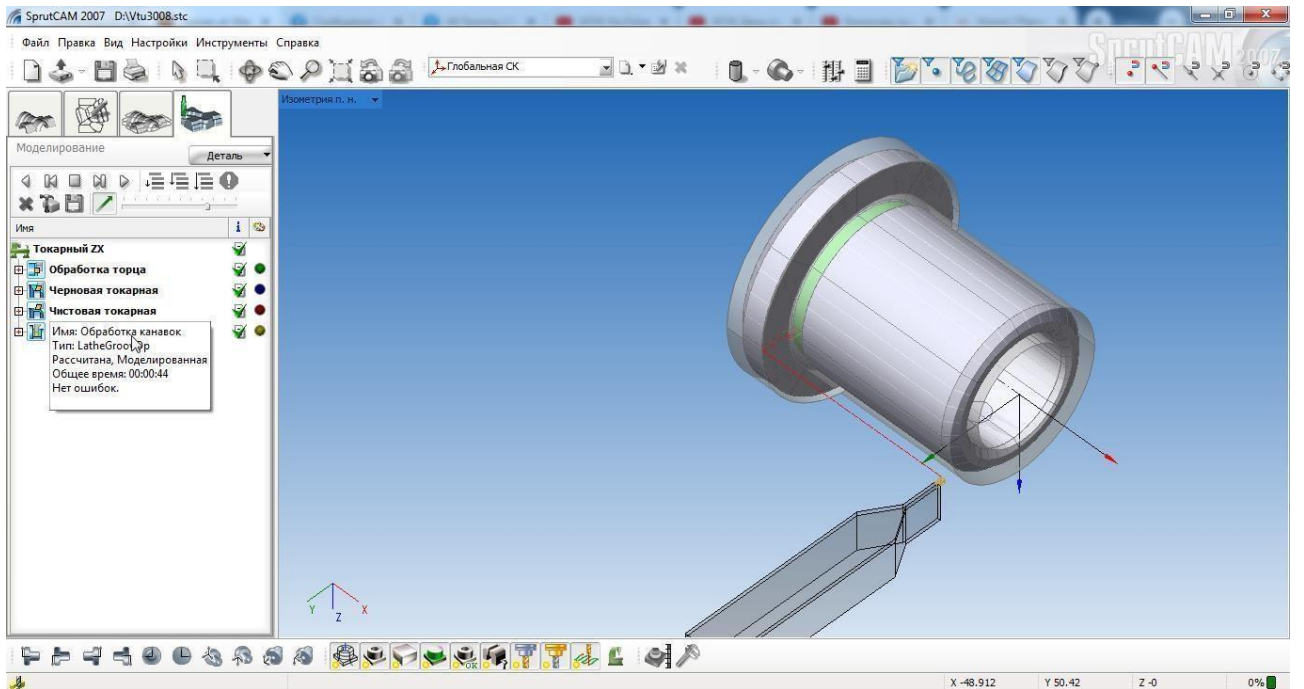


Рисунок 3.10 – Моделивання обробки канавки

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			49

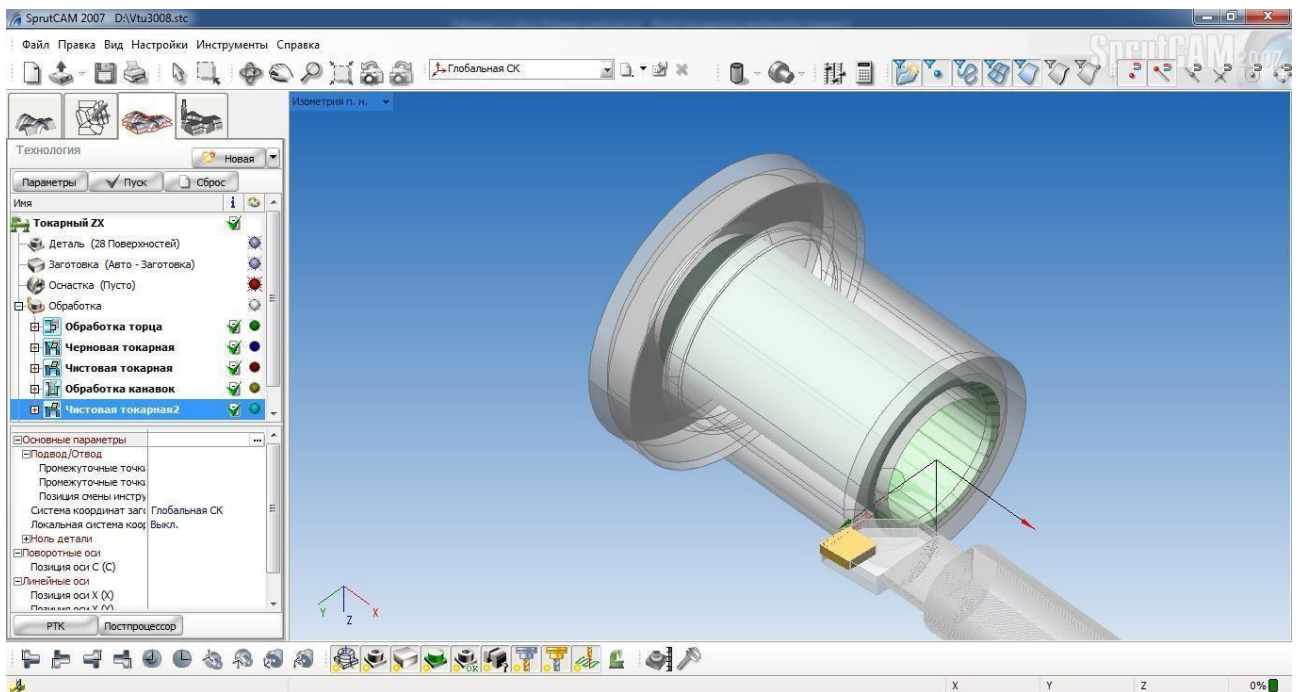


Рисунок 3.11 – Проектування чистового розточування

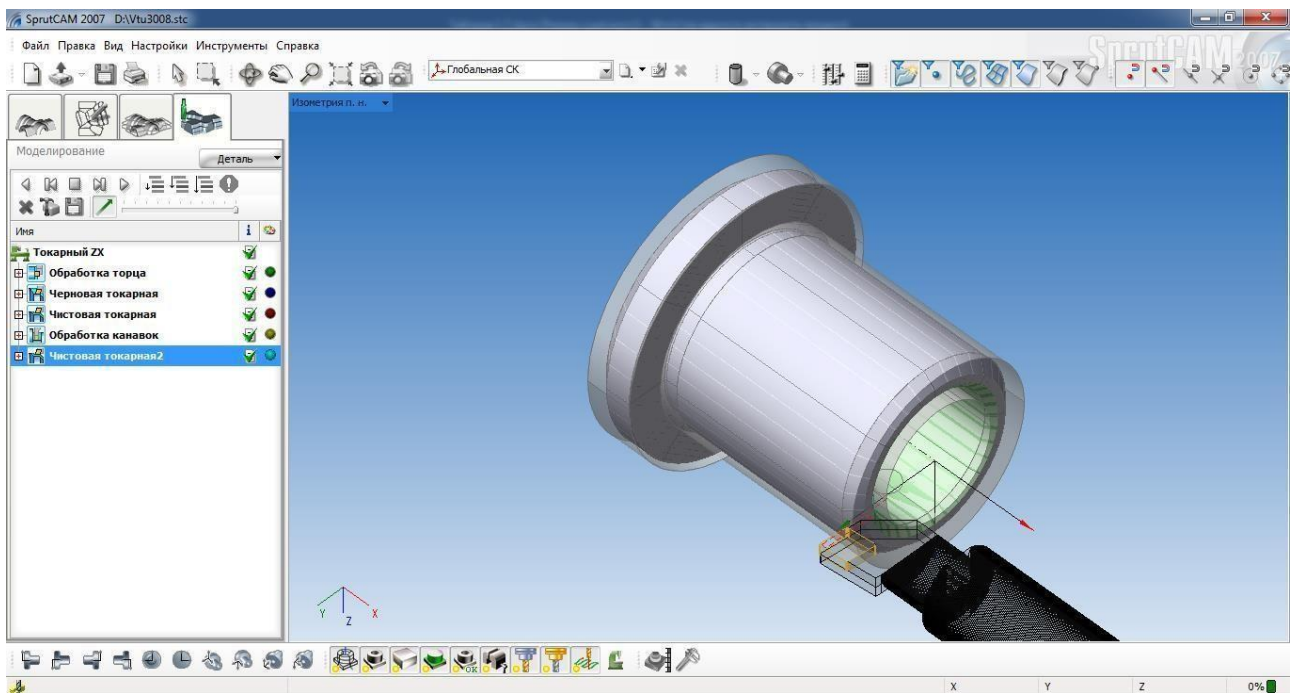


Рисунок 3.12 – Моделивання чистового розточування

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

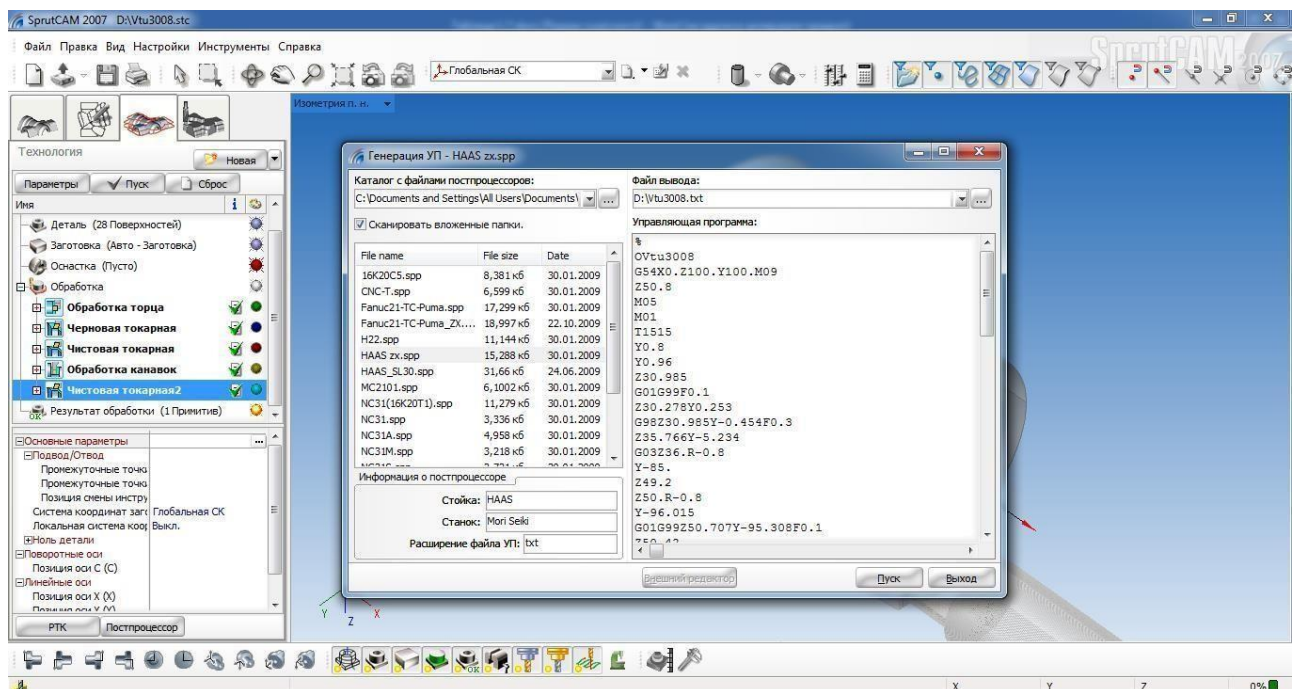


Рисунок 3.13 – Генерування керуючої програми для ЧПК

Текст створеної керуючої програми для ЧПК подано у Додатку.

*Висновок* В технологічній частині бакалаврської роботи ми провели аналіз технологічності конструкції деталі, вибрали спосіб отримання заготовки, вирахували програму випуску та розробили маршрут обробки деталі, назначили припуски на виготовлення даної деталі, режимі ризання та провели нормування операцій.

В конструкторській частині - розробили конструкцію свердлильного пристрою, описали його призначення та вирахували необхідну силу затиску, а також описали конструкції різального інструменту (токарного прохідного різця та токарного розточного різця) та вимірного (калібр-скоби).

В третьому розділі розробили та описали програму для верстату з ЧПК.

У додатках наведена програма для ЧПК, технологічна документація маршрутною технології та специфікація свердлильного пристрою.

В графічній частині проекту на першому аркуші накреслили деталь, заготовку, різальний та вимірний інструменти, на другому – карти технологічного налагодження, на третьому – складальне креслення свердлильного пристрою, на четвертому – схеми до програми ЧПК.

У даній роботі було проведено всебічний аналіз технологічної та конструкторської частин виготовлення деталі. Визначено її функціональне призначення у складі вузла, проаналізовано технічні вимоги до точності, шорсткості та взаємного розміщення поверхонь. Було проведено оцінку технологічності конструкції та підібрано оптимальні методи механічної

обробки з урахуванням можливостей сучасного обладнання. Згідно з програмою випуску обрано раціональний спосіб отримання заготовки, розроблено маршрут обробки, призначено припуски та розраховано режими різання. Також було нормовано операції та підібрано відповідне оснащення: затискний пристрій, різальний та контрольний інструменти. Окрему увагу приділено розробці керуючої програми для верстата з ЧПК, що забезпечує автоматизоване та точне виготовлення деталі. Усі розділи роботи взаємопов'язані й спрямовані на підвищення якості, продуктивності та економічної ефективності виробництва.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік використаних джерел

1. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з курсу “Технологічні основи машинобудування” для студентів напрямку підготовки 0902 – Інженерна механіка спеціальності обладнання нафтових і газових промислів. м. Івано-Франківськ 2001р. 24с.
2. П.І. Войтенко. Конспект лекцій з курсу « Технологія обробки типових деталей і складання машин» для студентів спеціальності 7.090202- технологія машинобудування. ІФДТУНГ, м. Івано-Франківськ 2000р.
3. Петрина Ю.Д., Гаврилів Ю.Л., Пітулей Л.Д., Павленко Т.В. Технологічні методи виробництва заготовок: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної .-Івано-Франківськ: Факел, 2003.-50с.
4. Руденко П.О. і ін. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. Наука і освіта, Дніпропетровськ: 1999р, -254с.
5. Р. И. Гжиров. Краткий справочник конструктора. – Ленинград: Машиностроение, 1984г.
6. Технология машиностроения. Под общ. ред. М. Е. Егорова, второе изд. дополн., М: Высшая школа; 1976г. 534 с.
7. Горбацевич Л.Ф. Шкред В.Л. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшая школа; 1983 г., 256 с.
8. Обработка металлов резанием: Справочник технолога /под. ред. А.А. Панова. М.:Машиностроение; 1985г., 656 с.
9. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах т.1 / под. ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.:Машиностроение , т 1972г., 694с.
10. В.Е. Антонов. В помощь молодому конструктору. Минск; 1978 г. 315с.
11. Проектирования и реконструкции механических цехов и участков машиностроительных и ремонтных производств. ; Учеб. Пособие для вузов/ В. Е. Канарчук, В.М. Токаренко, А.И. Балабанов. – К. Выща шк. 1988.-223с.
12. Барановський Ю.В. Режимы резания металлов. Справочник. М. Машиностроение, 1972.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. П.Н.Орлова, Е.А.Скороходова. Кратный справочник металлиста. М. Машиностроение, 3-е изд., 1987.-960с.
14. А.Н. Балабанов. Кратный справочник технолога машиностроителя. - М.: Издательство стандартов, 1992. – 464 с.
15. Справочник технолога машиностроителя. В двух томах. Изд. 3, переработанное. Том 2. Под ред. А.Н. Малова. М., «Машиностроение», 1972, с. 568.
16. Белоусов А.П. Проектирование станочных приспособлений: Учебное пособие для учащихся техникумов. – 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. Школа, 1980. – 240 с., ил.

					БР-ПМ-37.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додатки

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А – Керуюча програма для верстату з системою ЧПК

%  
OVtu3008  
G54X0.Z100.Y100.M09  
Z50.8  
M05  
M01  
T1515  
Y0.8  
Y0.96  
Z30.985  
G01G99F0.1  
Z30.278Y0.253  
G98Z30.985Y-0.454F0.3  
Z35.766Y-5.234  
G03Z36.R-0.8  
Y-85.  
Z49.2  
Z50.R-0.8  
Y-96.015  
G01G99Z50.707Y-95.308F0.1  
Z50.42  
T0  
G97S600M04  
Z51.Y10.  
Y-84.995  
Z40.245  
G50  
S1872  
G96S600  
Z39.245  
Z34.245M08  
G03Z34.R-0.3  
Y-82.001  
Z39.245  
Y-80.005  
G01Z34.245  
G02Z34.R-0.3  
Y-83.001  
Z40.245  
M09  
Z51.  
M05  
T1111

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

G97S600M04  
Z51.22Y1.22  
Y3.175  
Z30.043  
G50  
S1864  
G01M08  
G96S600  
Z27.922Y1.053  
Z27.215Y0.346F0.05  
Z24.434Y-2.434  
G02Z24.2R-0.8  
Y-97.215  
G01Z22.079Y-95.094F0.1  
M09  
Y1.22  
M05  
G28  
M30  
%

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

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

												1	
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---	--

				<i>ІФНТУНГ</i>									
											<i>БР</i>		

**КОМПЛЕКТ  
технологічної  
документації**

*Технологічний процес  
механічної обробки деталі:  
Втулка*

Розробив: Вацеба П.Б.

Перевірив: Костюк Н.О.









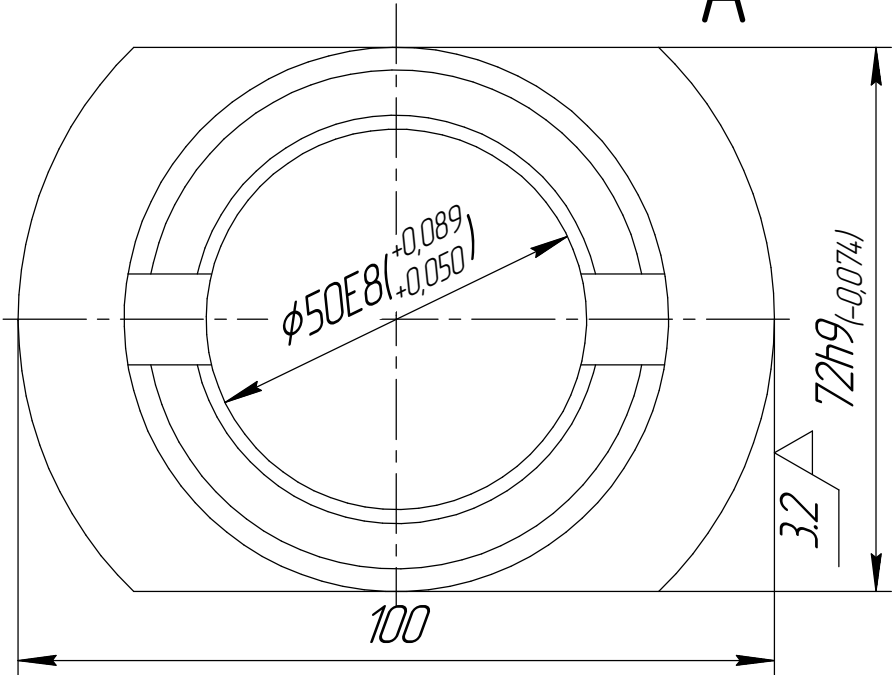
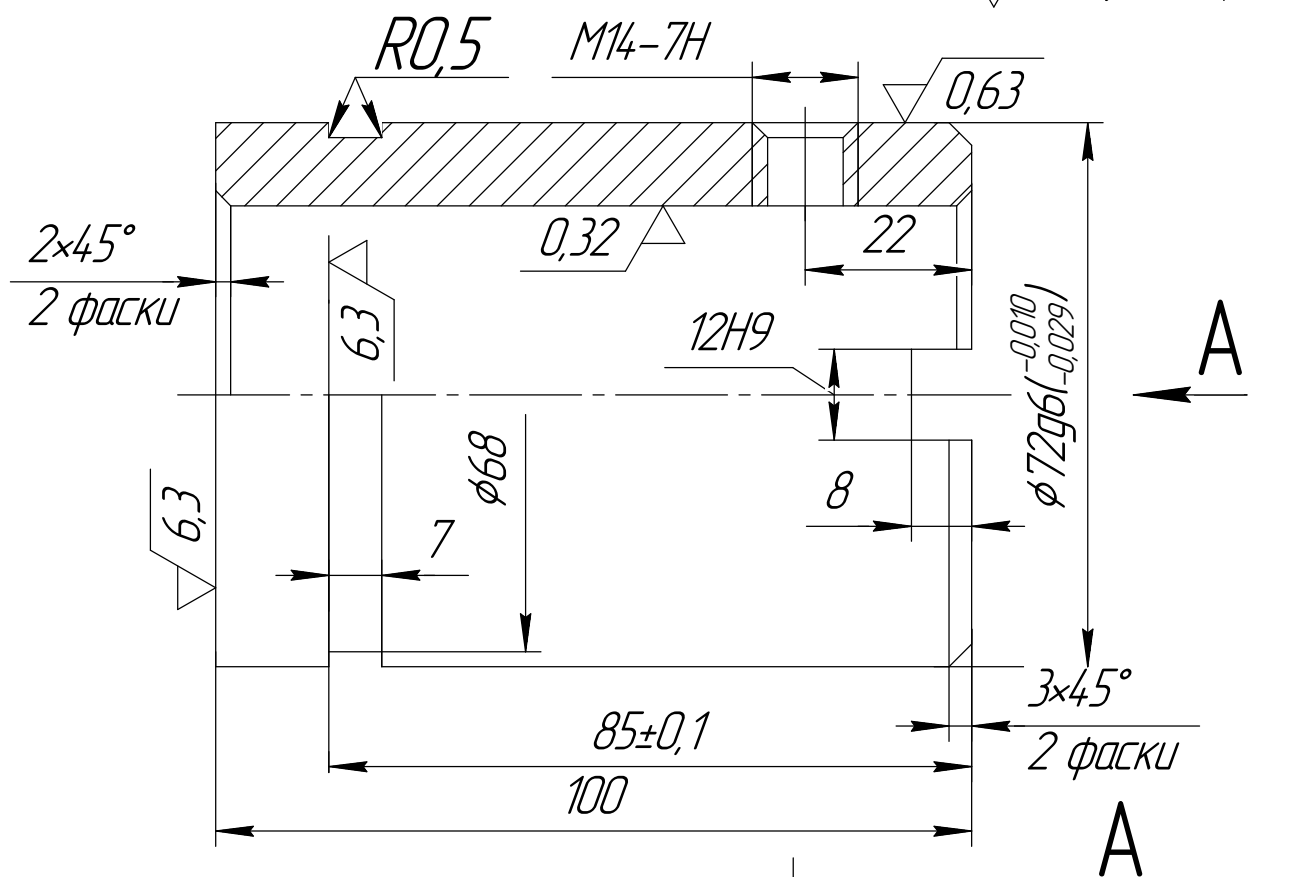






БР.ПМ-037.00.000

12,5 (✓/)

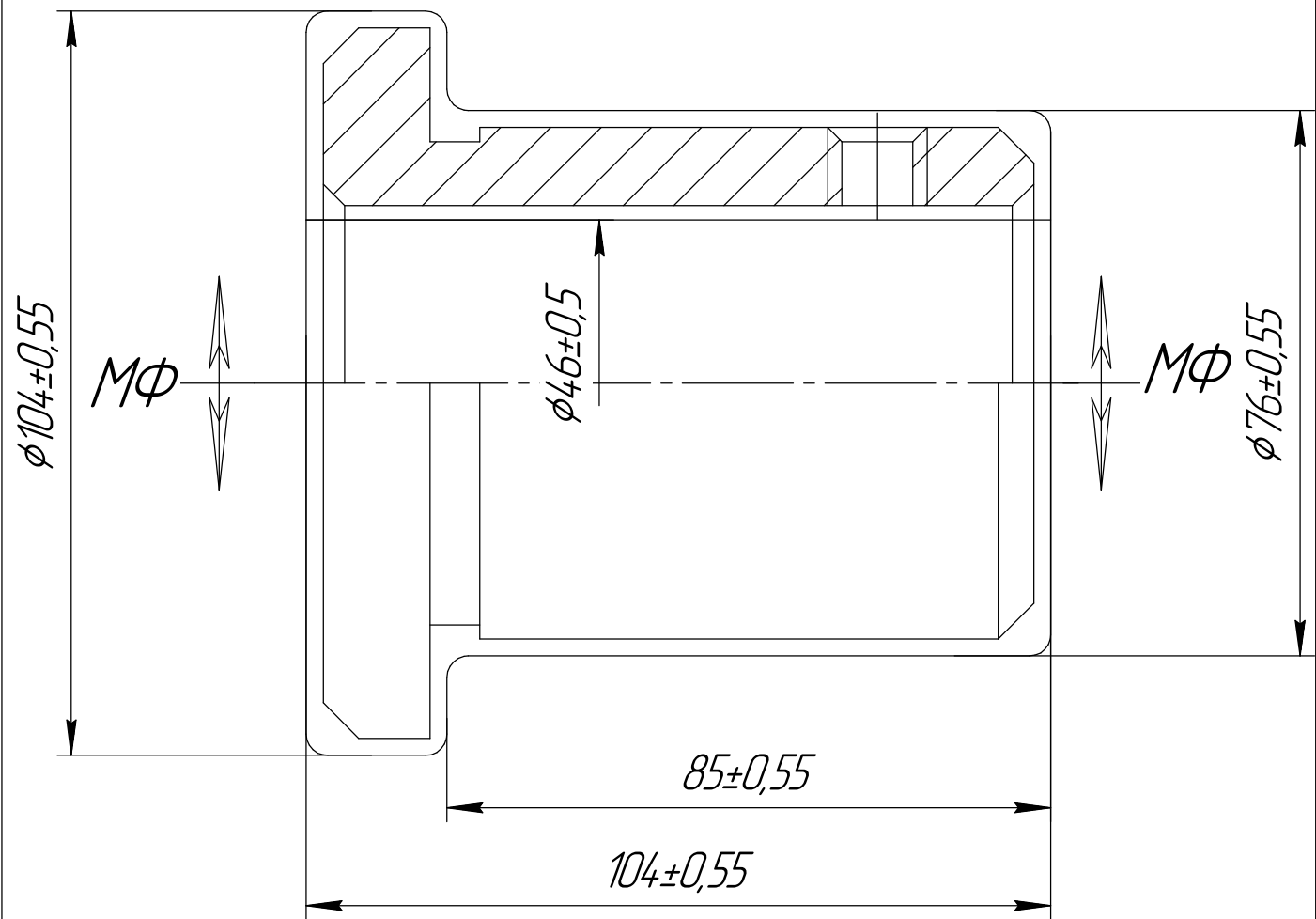


1. HB 200 ... 220  
2. h14,  $\pm \frac{IT14}{2}$

					<b>БР.ПМ-037.00.000</b>			
Эм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		<b>Втулка</b>	Лит.	Маса	Масштаб
Розроб.	Вацеда П. Б.					Н	1,5	1:1
Перев.	Костюк Н. О.					Аркцш	Аркцшів	1
Т.контр.	Костюк Н. О.					<b>С40 EN 10083-2</b>		
Реценз.								
Н.контр.	Костюк Н. О.							
Затв.	Панчук В. Г.				<b>ІФНТУНГ</b>			

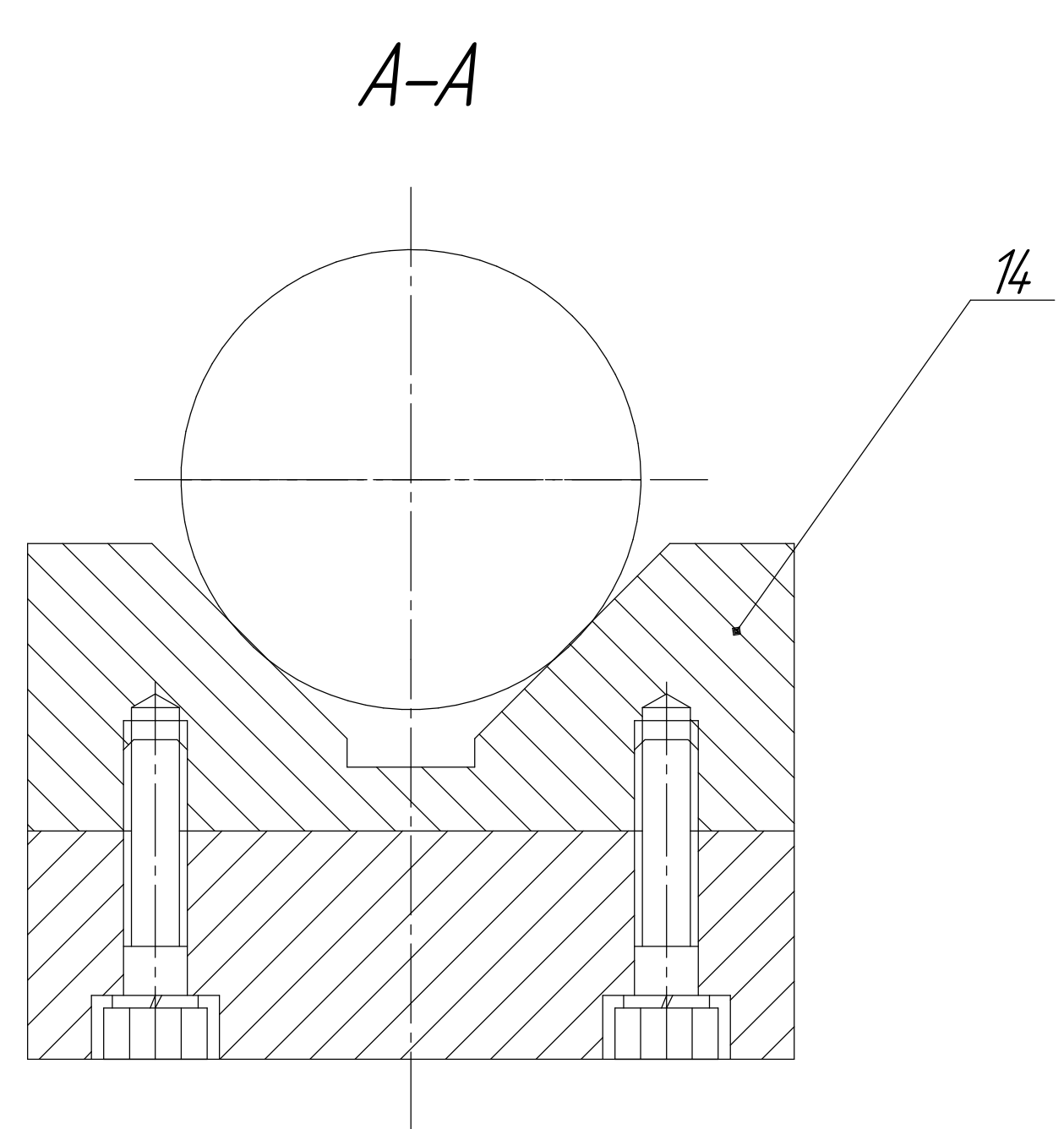
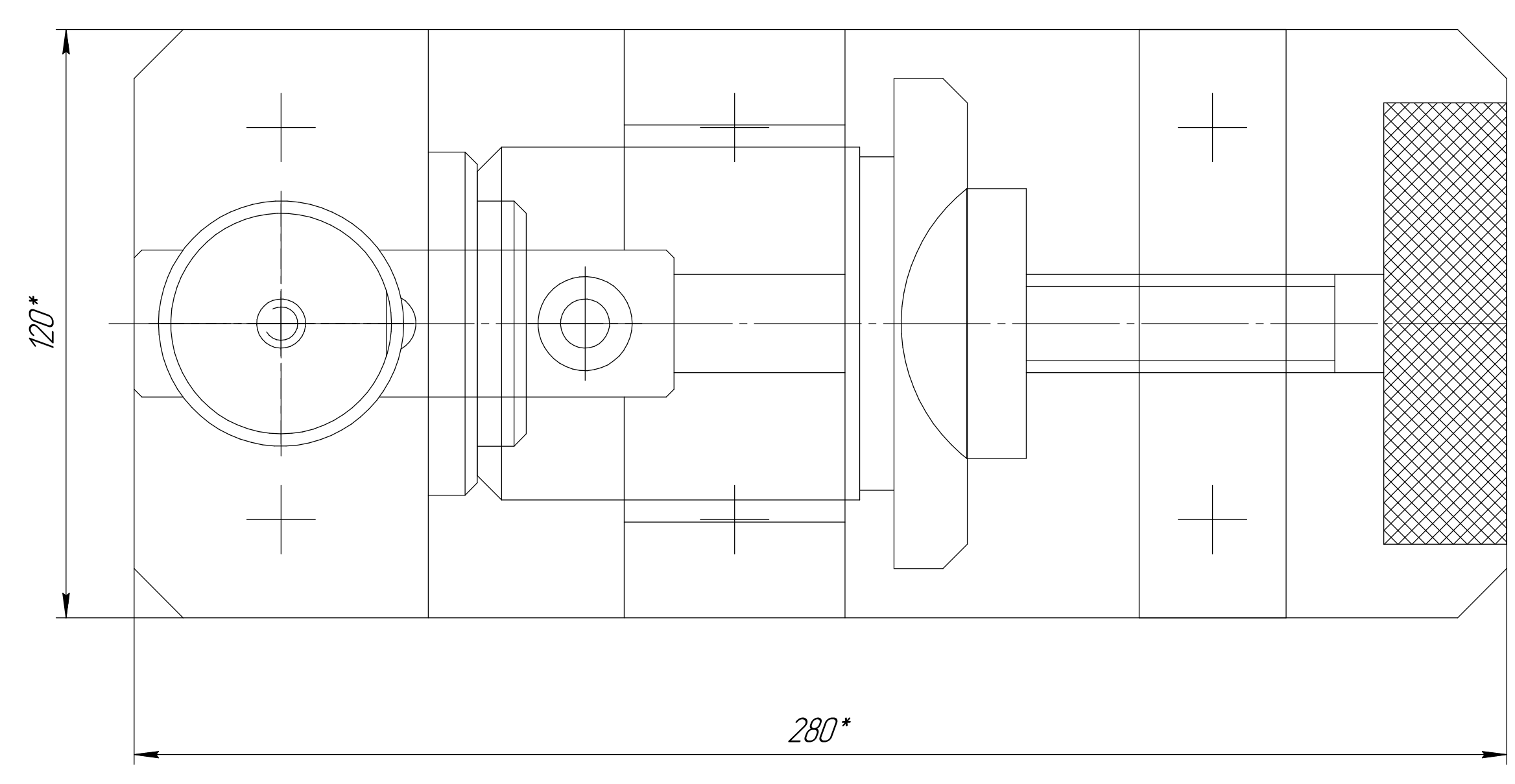
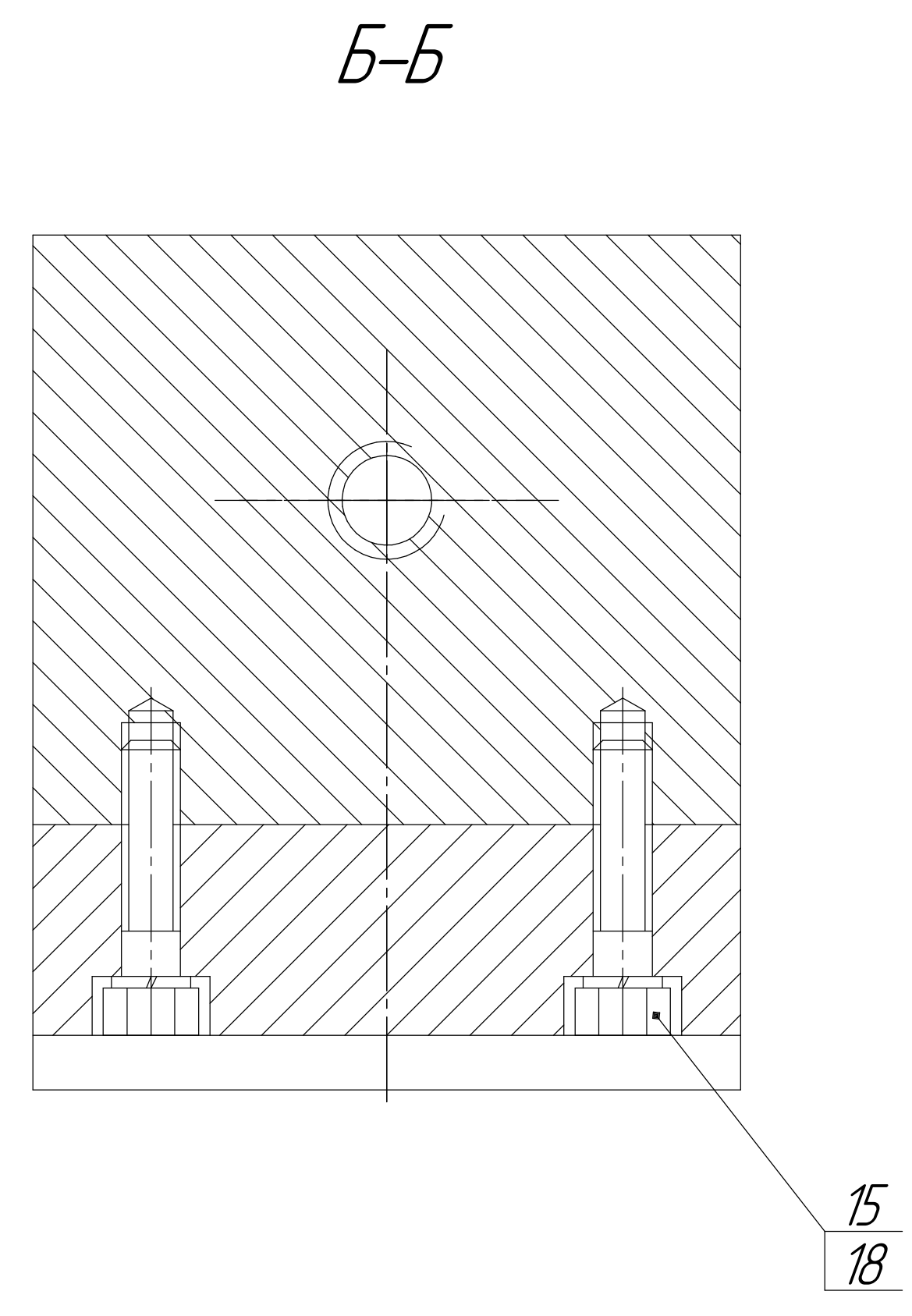
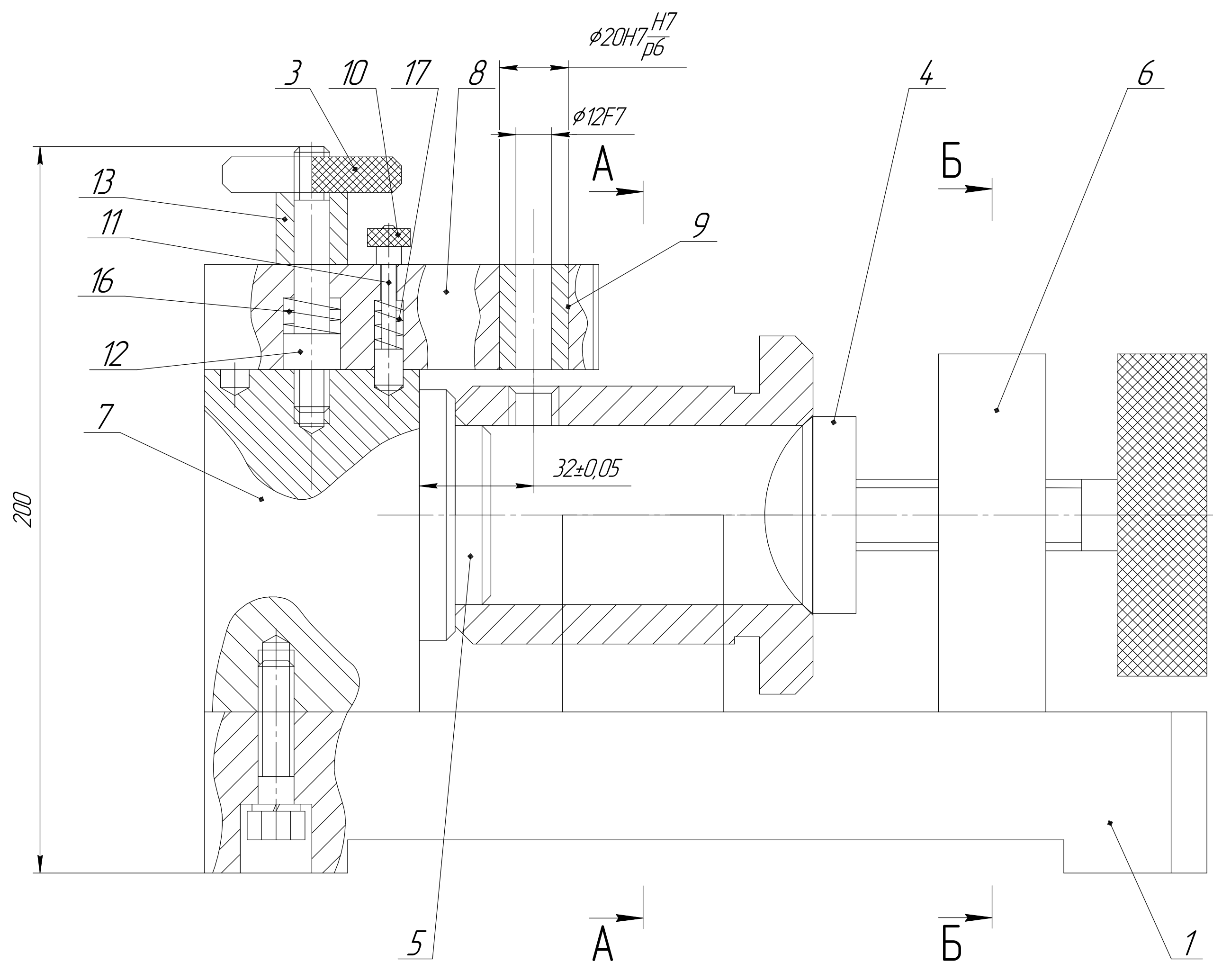
БР.ПМ-037.00.000

Rz80



1. Невказані формувальні ухили на поверхні: зовнішні – 1°, внутрішні – 2°;
2. Невказані ливарні радіуси не більше R3 мм.
3. HB 220.
4. Зміщення по площині роз'єму форми не більше 0,8 мм.

					<b>БР.ПМ-037.00.000</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<b>Виливок</b>	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Вацеда П. Б.					Н	2,89	1:1
Перев.	Костюк Н. О.					Аркуш		Аркушів 1
Т.контр.	Костюк Н. О.					<b>ІФНТУНГ</b>		
Реценз.								
Н.контр.	Костюк Н. О.							
Затв.	Панчук В. Г.				<b>Сталь 40 ДСТУ 1050-88</b>			



1. \* Розмір для довідки.
2. Пристрій встановлюємо на вертикально-свердильному верстаті.
3. Маркувати: Модель верстату, діаметр що обробляється.

				БР.ПМ-037.00.000			
Зм.	Арж.	№ док.м.	Підп.	Дата	Лист	Маса	Масштаб
					Н	-	1:1
Розроб.		Василенко П. Б.			Архив		1
Перев.		Костюк Н. О.					
Т.контр.		Костюк Н. О.					
Реценз.		Костюк Н. О.					
Н.контр.		Костюк Н. О.					
Затв.		Панчук В. Г.					

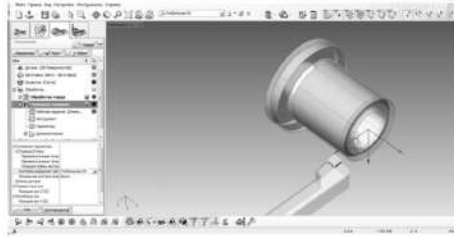
Пристрій свердильний

-

ІФНТУНГ



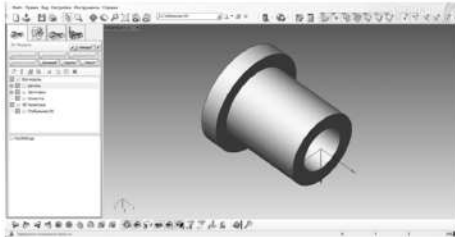
3D моделі заготовки та деталі



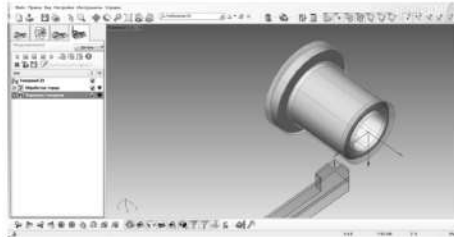
Проектування чорнової обробки



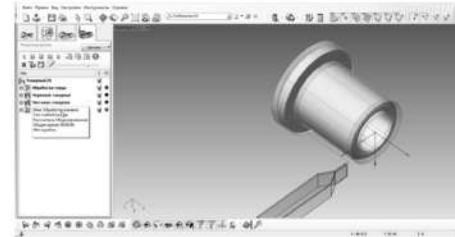
Проектування обробки канавки



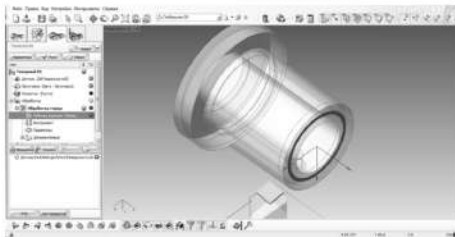
3D-моделі, імпортовані



Моделювання чорнової обробки



Моделювання обробки канавки



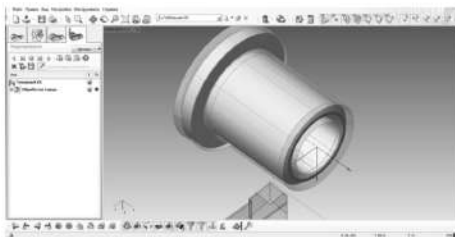
Проектування обробки торця



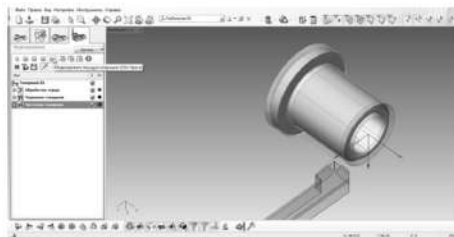
Проектування чистової обробки



Проектування чистового розточування



Моделювання обробки торця



Моделювання чистової обробки



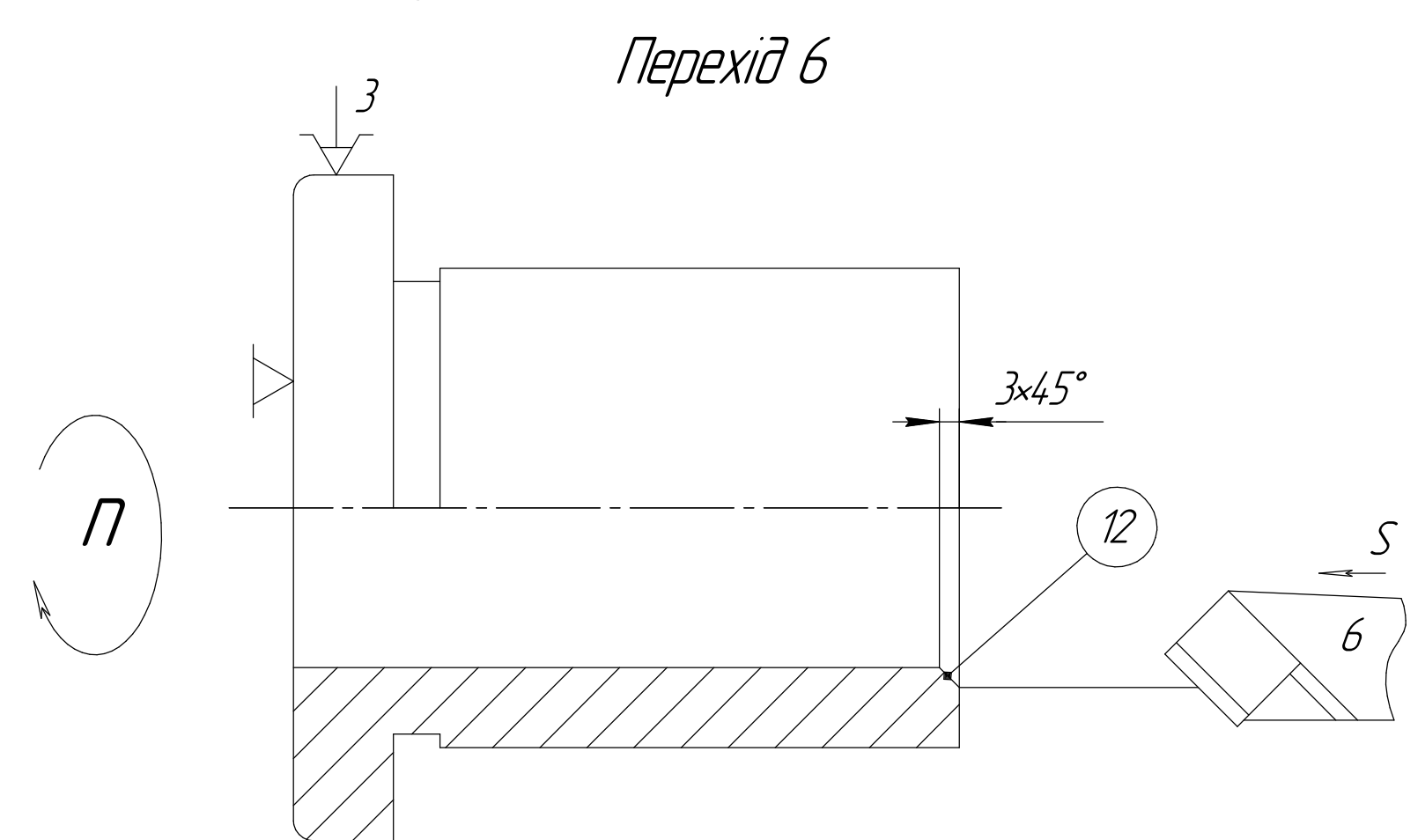
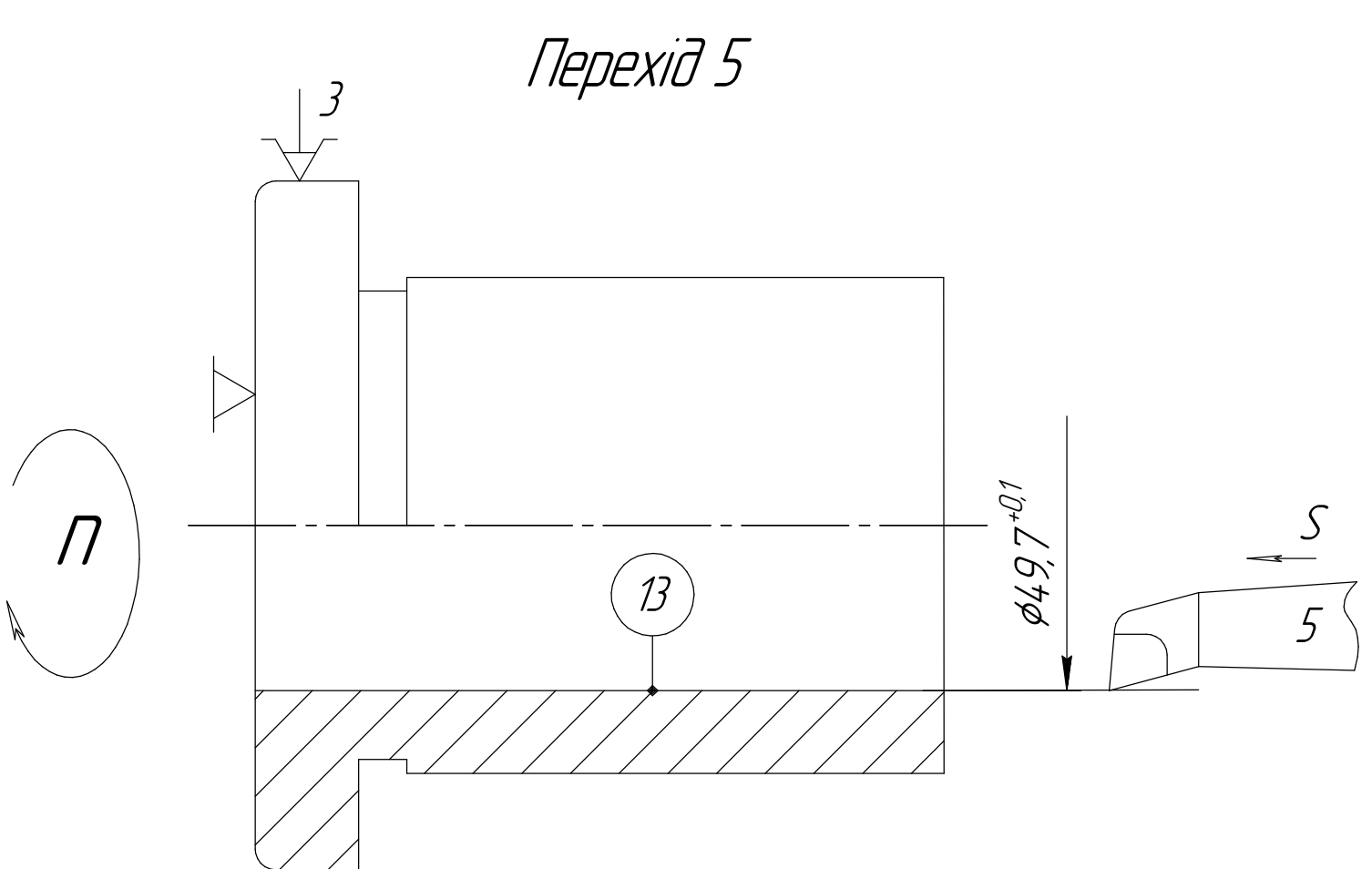
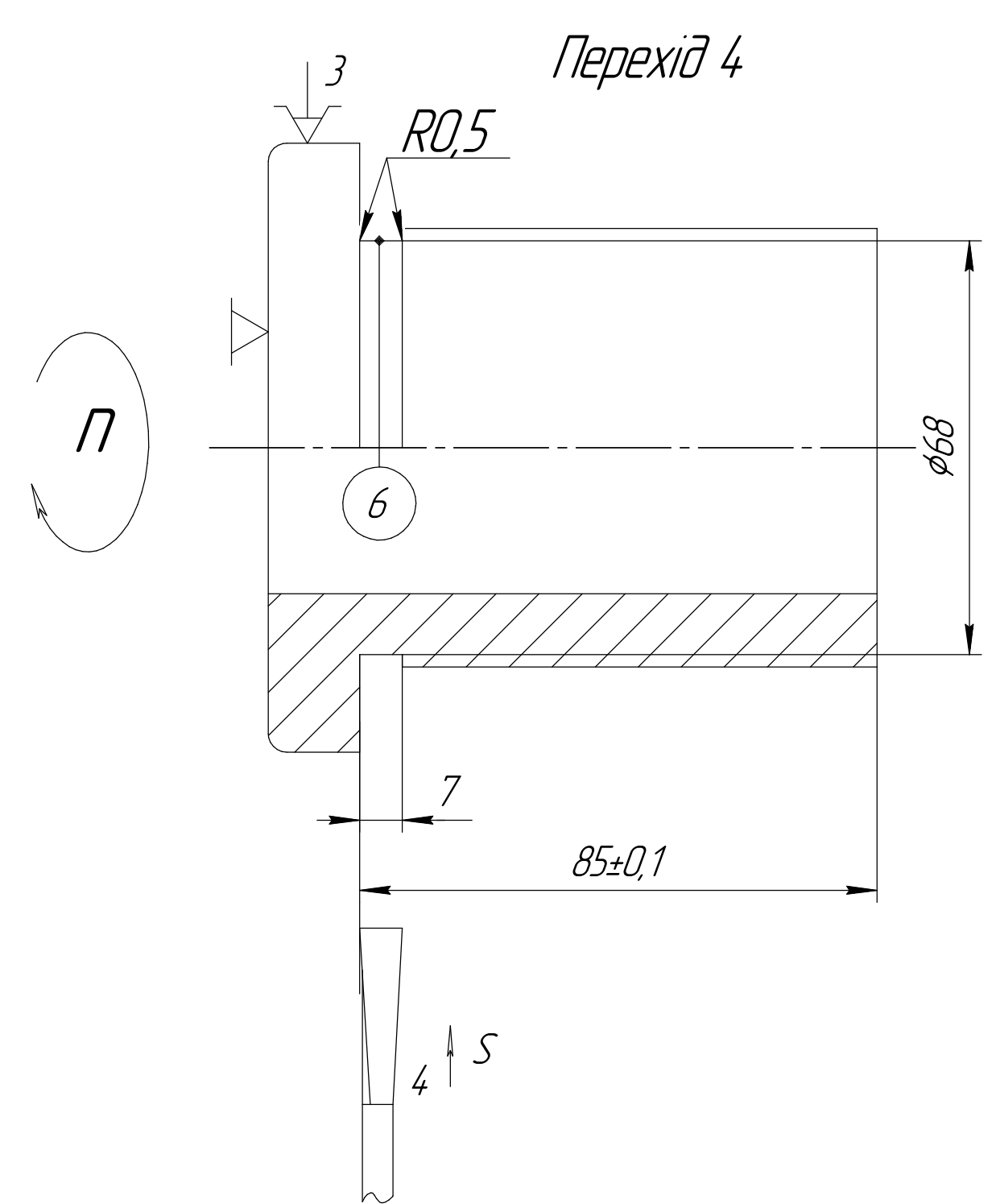
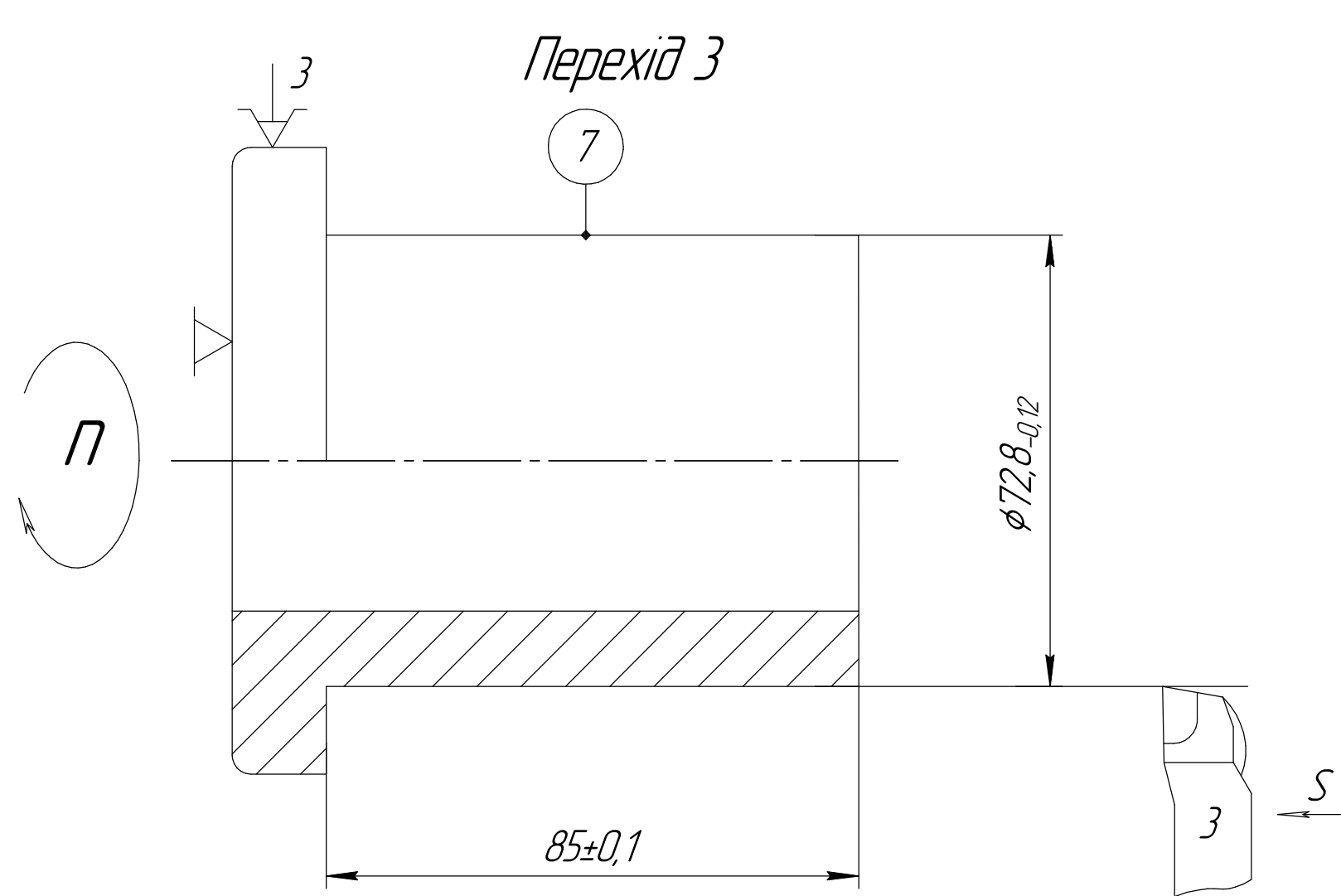
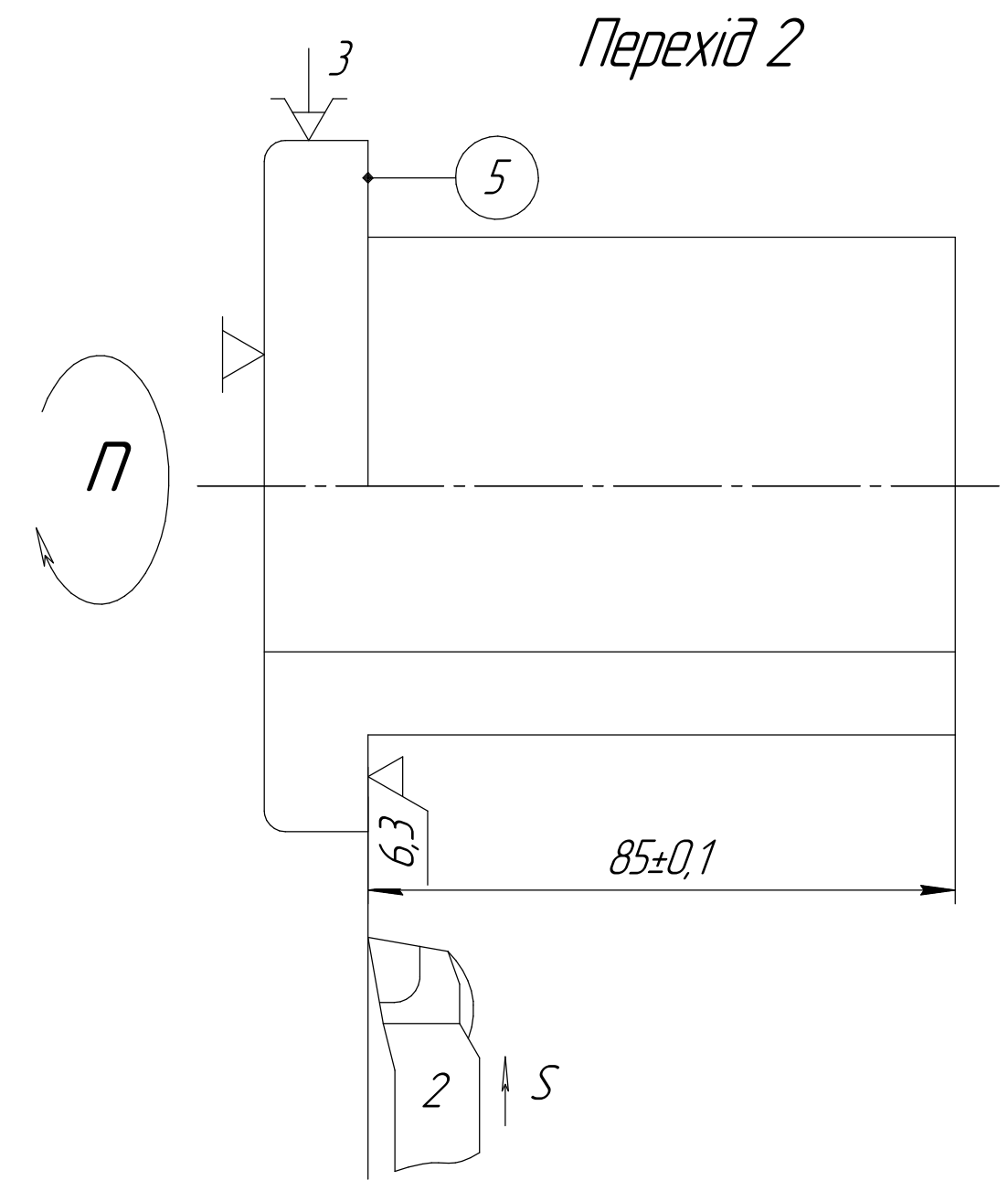
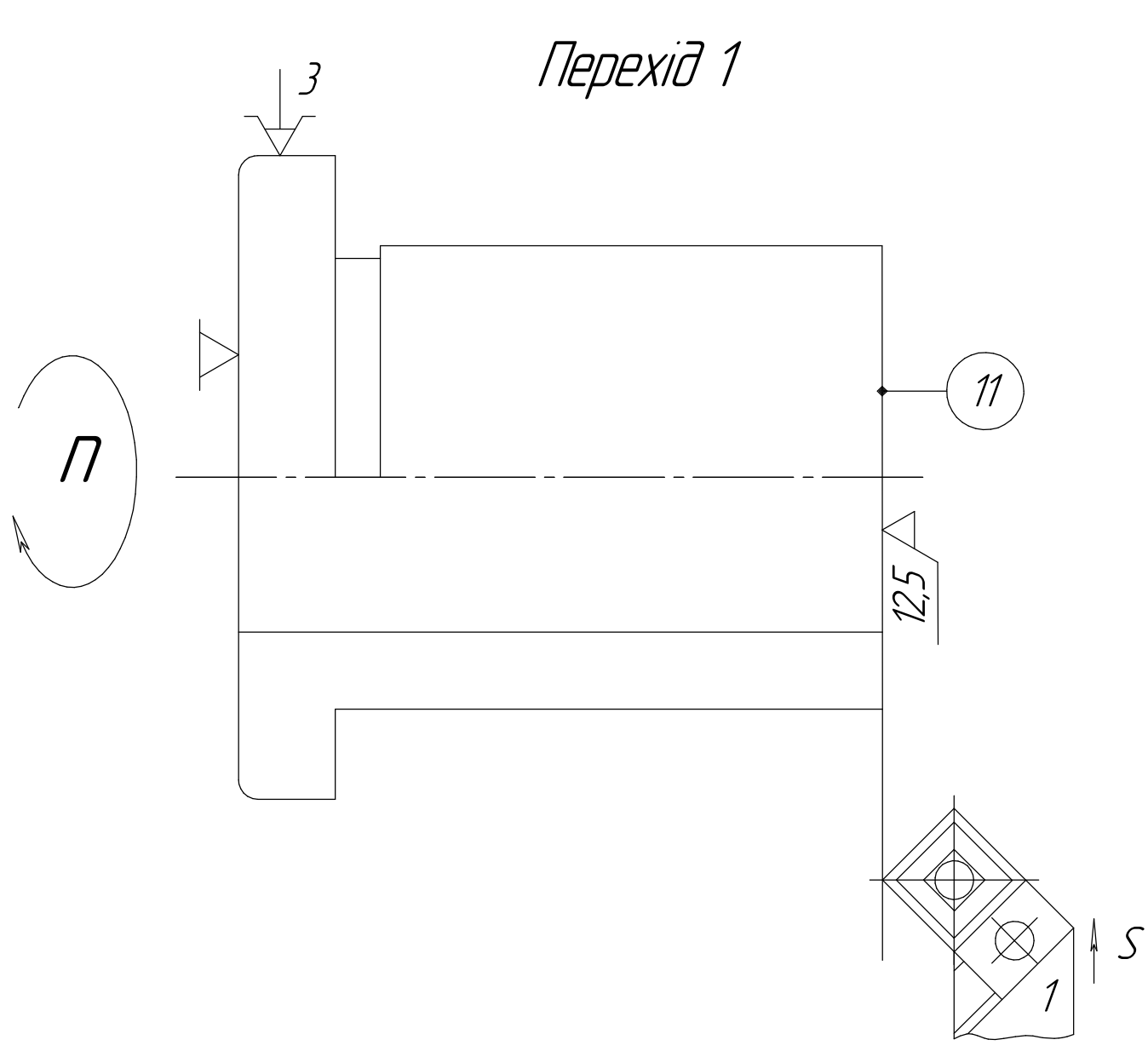
Генерування керуючої програми для ЧПК

Керуюча програма

```
%
O1113008
G54.X0.Z100.Y100.M09
Z50.8
M05
M01
T1515
Y0.8
Y0.96
Z30.985
G01G99F0.1
Z30.278Y0.253
G98Z30.985Y-0.454F0.3
Z35.766Y-5.234
G03Z36.R-0.8
Y-85
Z49.2
Z50.R-0.8
Y-96.015
G01G99Z50.707Y-95.308F0.1
Z50.42
T0
G97S600M04
Z51Y10.
Y-84.995
Z40.245
G50
S1872
G96S600
Z39.245
Z34.245M08
G03Z34.R-0.3
Y-82.001
Z39.245
Y-80.005
G01Z34.245
G02Z34.R-0.3
Y-83.001
Z40.245
M09
Z51
M05
T1111
G97S600M04
Z51.222Y122
Y3.175
Z30.043
G50
S1864
G01M08
G96S600
Z27.922Y1053
Z27.215Y0.346F0.05
Z24.434Y-24.34
G02Z24.2R-0.8
Y-97.215
G01Z22.079Y-95.094F0.1
M09
Y122
M05
G28
M30
%
```

				БР.ПМ-037.00.00				
Зм	Аж	Л.Зміст	Підп	Дата	Схеми до керуючої програми з ЧПК	Alt	Мікс	Максимум
Проект		Ващенко П.Б.						11
Лист		Косишук Н.О.				Архив	Архив	1
Назва								
Зроб								

Операція 020 – Токарна з ЧПК



Переходи механічної обробки	№ інструменту	Режими різання				T <sub>а</sub> , хв
		t, мм	S, мм/об	V <sub>c</sub> , м/хв	n, об <sup>-1</sup>	
1. Підрізати торець пов. 11	1	2,5	0,2	75	315	0,14
2. Підрізати торець пов. 5	2	2	0,2	100	315	0,17
3. Точити пов. 7 начорно	3	1,05	0,2	73	315	1,07
4. Точити пов. 7 нанівчисто	3	0,55	0,15	114	500	1,05
5. Точити канавку пов. 6	4	7	0,125	73	315	0,73
6. Розточити пов.13 начисто	5	0,6	0,125	78	500	0,89
7. Точити фаску пов. 12 (3x45°)	6	3,0	0,2	55	315	0,03

БР.ПМ-037.00.000

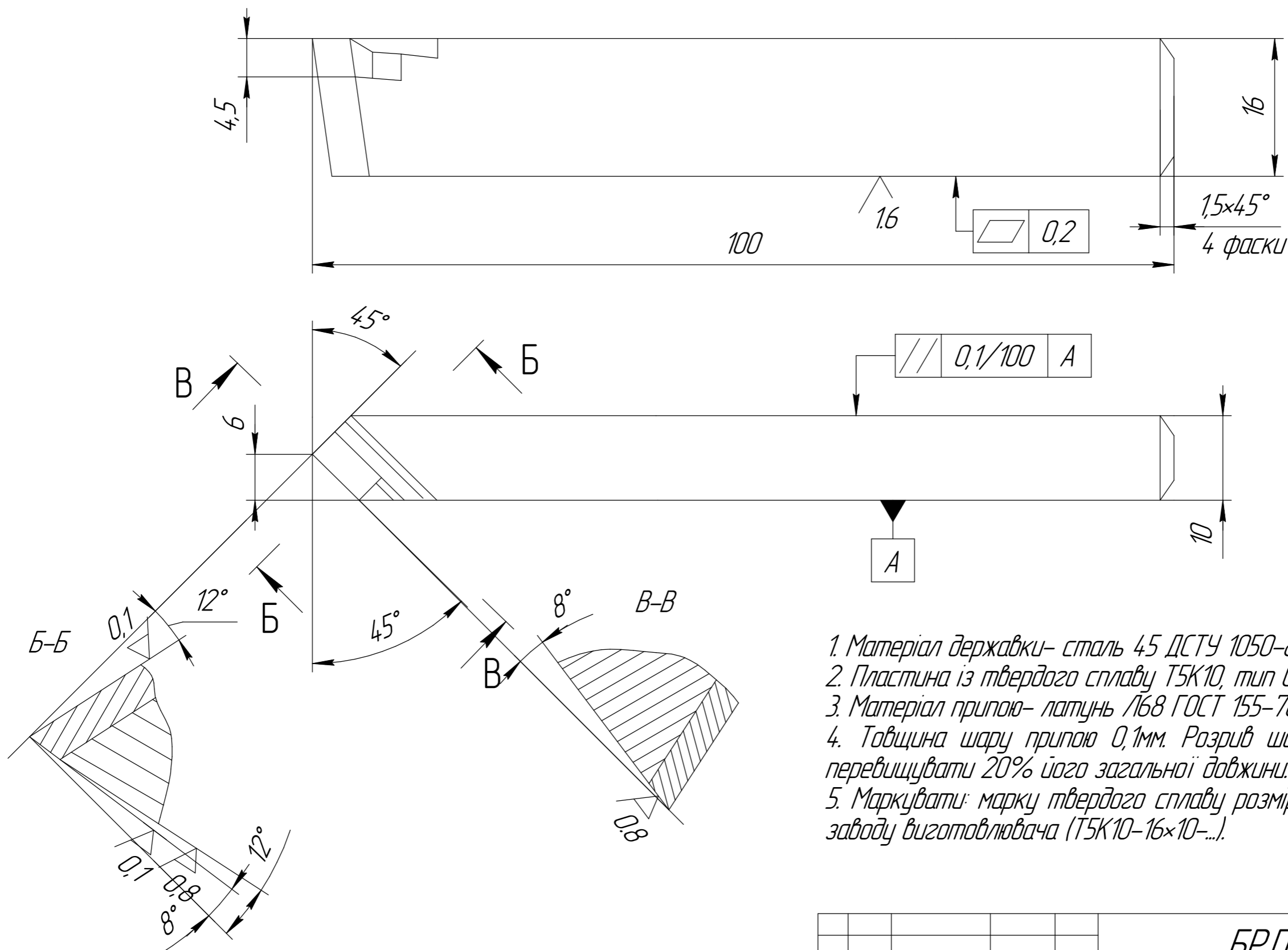
Карта налагодження (оп. №020)

Зм.	Арж.	№ док.м.	Підп.	Дата
Розроб.	Владислав П. Б.			
Перев.	Костюк Н. О.			
І.контр.	Костюк Н. О.			
Реценз.				
І.контр.	Костюк Н. О.			
Затв.	Панчук В. Г.			

Лист	Маса	Масштаб
1	-	-

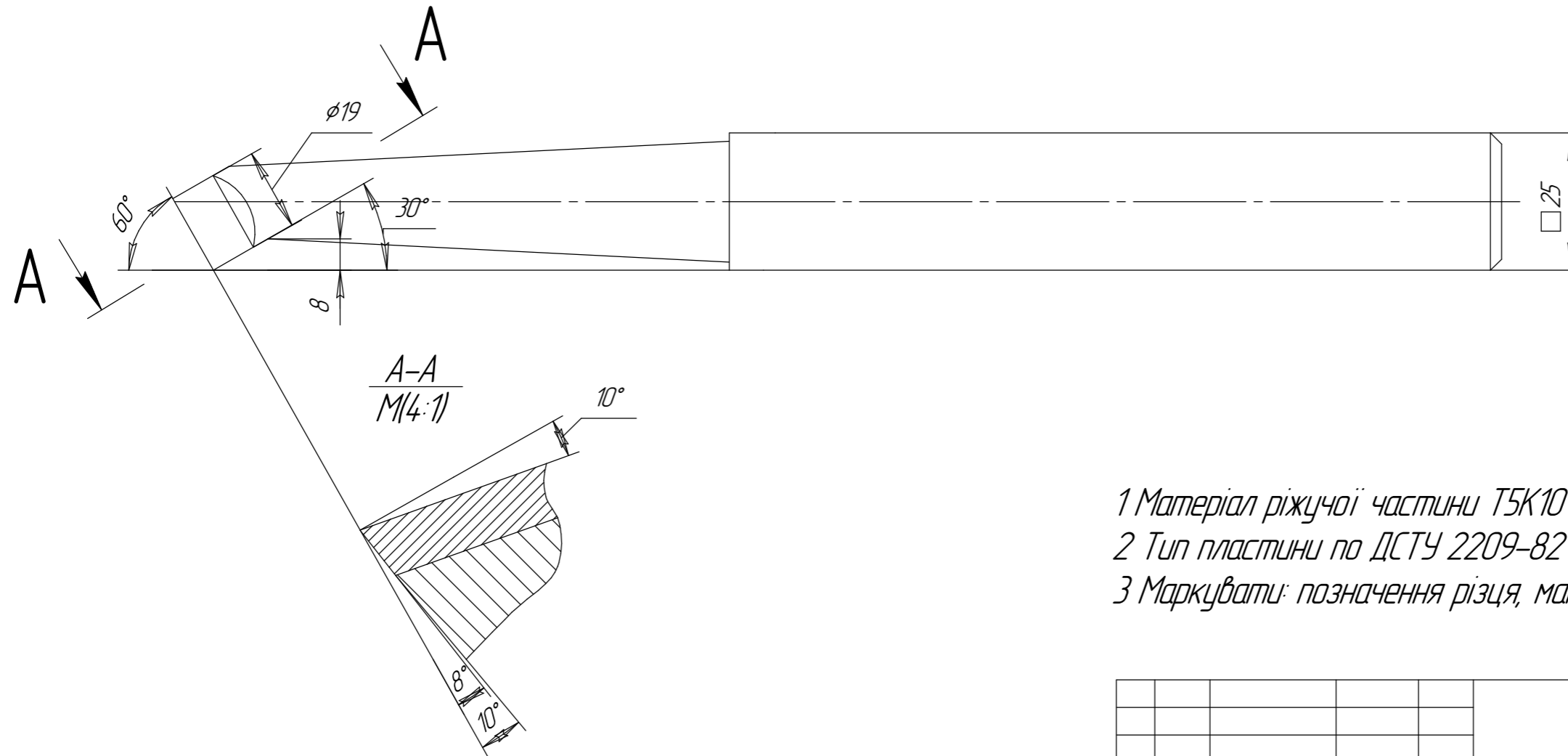
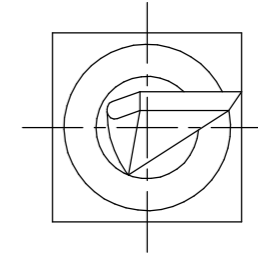
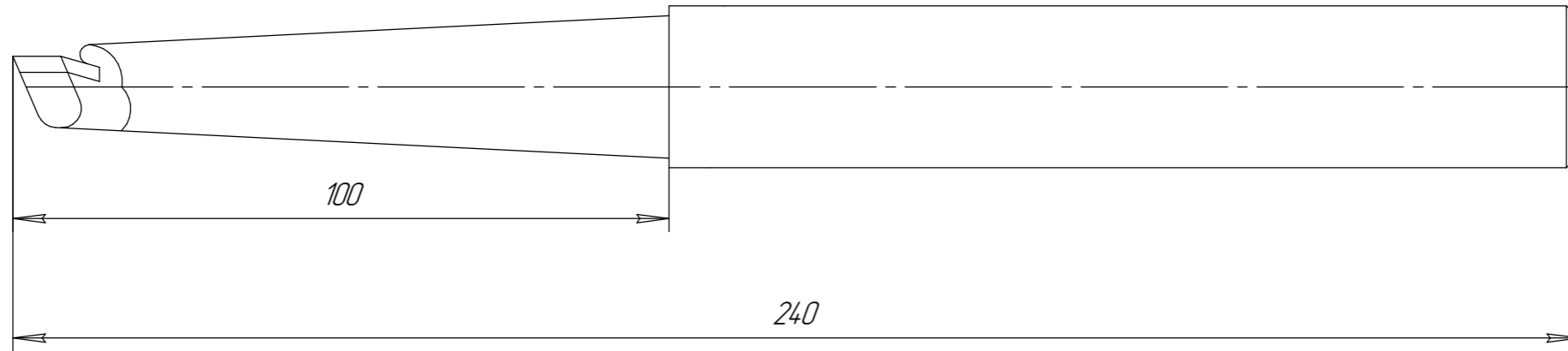
Архив 1

ІФНТУНГ



1. Матеріал державки- сталь 45 ДСТУ 1050-88.
2. Пластина із твердого сплаву Т5К10, тип 012 по ДСТУ 25396-82.
3. Матеріал припою- латунь Л68 ГОСТ 155-78.
4. Товщина шару припою 0,1мм. Розрив шару припою не повинен перевищувати 20% його загальної довжини.
5. Маркувати: марку твердого сплаву розмір різця і товарний знак заводу виготовлювача (Т5К10-16x10-...).

					БР.ПМ-037.00.000			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Різець токарний прохідний прямий правий	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Вацєда П. Б.					Н	-
Перев.		Костюк Н. О.				Аркуш	Аркушів	
Т.контр.		Костюк Н. О.						
Реценз.								
Н.контр.		Костюк Н. О.						
Затв.		Панчук В. Г.						
						ІФНТУНГ		



- 1 Матеріал ріжучої частини Т5К10 ДСТУ 3882-74
- 2 Тип пластини по ДСТУ 2209-82
- 3 Маркувати: позначення різця, матеріал ріжучої частини.

					<b>БР.ПМ-037.00.000</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<b>Різець токарний розточний прохідний</b>	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	Вацеда П. Б.					Н	-	1:1
Перев.	Костюк Н. О.				Аркуш		Аркушів	
Реценз.					-		<b>ІФНТУНГ</b>	
Н.контр.	Костюк Н. О.							
Затв.	Панчук В. Г.							