

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

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Іванів Іван Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

УДК 621.91

(індекс)

## **БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА**

Технологічний процес виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020»

для умов середньосерійного типу виробництва

(назва роботи)

Прикладна механіка

(назва освітньої програми)

131- Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

І. В. Іванів

(підпис, ініціали та прізвище здобувача освітнього ступеня)

Науковий керівник: Врюкало Віктор Володимирович, к.т.н., доцент

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

**Допущено до захисту**

Завідувач кафедри

професор

(посада)

(підпис)

(дата)

В. Г. Панчук

(ініціали та прізвище)

Рецензент

(посада)

(підпис)

(дата)

(ініціали та прізвище)

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

м.Івано-Франківськ-2025 рік

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

(повне найменування закладу вищої освіти)

Інститут інженерної механіки та робототехніки

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Освітній рівень - бакалавр

Спеціальність 131-Прикладна механіка

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

## **З А В Д А Н Н Я**

### **НА БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ**

Іваніву Івану Вікторовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Технологічний процес виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020» для умов середньосерійного типу виробництва»

Керівник роботи: Врюкало Віктор Володимирович, к.т.н., доцент

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

Затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи 15 червня \_\_\_\_\_ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення деталі, нормативні документи

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Конструкторсько-технологічний аналіз деталі

2. Розроблення технологічного процесу

3. Вибір засобів технологічної оснастки

4. Проектування технологічної оснастки

5. Створення керуючої програми

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Креслення деталі 1 лист А1. 2. Креслення пристрою фрезерного

1 лист А1. 3. Вибір різального інструменту 1 лист А1. 4. Налагодження і

нструментів на обробку по операціях 1 лист А1. 5. Візуалізація обробки на

верстатах з ЧПК 1 лист А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Врюкало В.В., доцент		
2	Врюкало В.В., доцент		
3	Врюкало В.В., доцент		
4	Врюкало В.В., доцент		
5	Врюкало В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 25.02.2025

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Конструкторсько-технологічний аналіз деталі	10.03.2025	
2	Розроблення технологічного процесу	01.04.2025	
3	Вибір засобів технологічного оснащення	15.04.2025	
4	Проектування технологічної оснастки	15.05.2025	
5	Створення керуючої програми	01.06.2025	

Студент \_\_\_\_\_  
( підпис )

Іванів І.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

Врюкало В.В.  
(прізвище та ініціали)

## Анотація

кваліфікаційної бакалаврської роботи: Технологічний процес виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020» для умов середньосерійного типу виробництва.

Розрахунково-пояснювальна записка: 45 сторінок, 29 рисунків, 10 таблиць, 15 посилань, 10 аркушів ф. А4 додатків.

Графічна частина: 4 аркуша формату А1.

Об'єкт дослідження – Технологічний процес виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020» в умовах середньосерійного виробництва.

Предмет дослідження – Адаптація технологічного процесу в умовах автоматизованого виробництва

Метою даної бакалаврської роботи є розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020» в умовах середньосерійного виробництва на основі застосування сучасного обладнання з числовим програмним керуванням (ЧПК). Обґрунтовано вибір заготівлі, схеми базування, маршруту обробки і засобів технологічного оснащення для забезпечення точного та надійного закріплення виробу під час обробляння. Розроблено призматичний затискний пристрій для фіксації деталі при виконанні фрезерної обробки шпонкового паза, виконано силовий розрахунок засобу кріплення, що забезпечує надійність фіксації та відсутність зміщень під час обробки. Проведено вибір інструменту та обладнання відповідно до сучасних вимог до точності та продуктивності. Розраховано норми часу на виконання кожного переходу технологічного процесу. Створено керуючу програму для виконання обробки на верстатах з ЧПК. Вся необхідна технологічна документація наведена в додатках.

**Ключові слова:** *технологічний процес, верстат з ЧПК, фрезерування, шпонковий паз, керуюча програма, режими різання, призматичний пристрій, контроль якості, калібр-скоба, базування, нормування.*

Студент

Іванів І.В.

## Abstract

of the qualification bachelor's thesis: Technological process of manufacturing the part "Shaft 0735.401417.020" for medium-volume production conditions.

Calculation and explanatory note: 45 pages, 29 figures, 10 tables, 15 references, 10 sheets of A4 format annexes.

Graphic part: 4 sheets of A1 format.

Object of research – Technological process for manufacturing a part "Shaft 0735.401417.020" in medium-volume production.

Subject of research – Adaptation of the technological process in automated production

The purpose of this bachelor's thesis is to develop a technological process for manufacturing a part "Shaft 0735.401417.020" in medium-volume production based on the use of modern equipment with numerical control (NCC). The choice of workpiece, basing scheme, processing route and technological equipment to ensure accurate and reliable fastening of the product during processing is justified. A prismatic clamping device for fixing the part during milling of a keyway has been developed, a force calculation of the fastening device has been performed, which ensures reliable fixation and the absence of displacements during processing. The selection of tools and equipment has been carried out in accordance with modern requirements for accuracy and productivity. The time standards for performing each transition of the technological process have been calculated. A control program has been created for processing on CNC machines. All necessary technological documentation is given in the appendices.

**Keywords:** *technological process, CNC machine, milling, keyway, control program, cutting modes, prismatic device, quality control, caliper-bracket, basing, standardization.*

Student

Ivaniv I.V.

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	8
1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі	8
1.2 Аналіз технологічності деталі	10
1.3 Визначення програми випуску деталей	12
2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	13
2.1 Обґрунтування вибору формоутворення заготовки	13
2.2 Вибір маршруту та операцій механічного оброблення деталей	14
2.3 Розрахунок міжопераційних розмірів та припусків на операцію 010 точіння з ЧПК	18
2.4 Визначення режимів різання механічного оброблення	19
2.5 Нормування технологічних операцій	20
3 ВИБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	21
3.1 Опис металорізальних верстатів	21
3.2 Опис пристроїв механічного оброблення.	24
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ	28
4.1 Призначення, будова та робота пристрою	28
4.2 Визначення діючих сил	29
4.3 Контрольний пристрій	33
5 Створення керуючої програми	36
ВИСНОВКИ	42
ЛІТЕРАТУРА	43
ДОДАТКИ	45

					<b>БР-ПМ-41.00.000 ПЗ</b>				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Іванів І.В.			Літ.		Арк.	Акрушів	
Перевір.		Врюкало В.В.							
Реценз.									
Н. Контр.		Врюкало В.В.							
Затверд.		Панчук В.Г.							

## ВСТУП

У сучасному машинобудівному виробництві однією з ключових задач є забезпечення високої точності, якості оброблення та ефективного використання ресурсів при виготовленні деталей. Особливе значення має раціональна організація технологічних процесів, що враховують конструктивні особливості виробу, вимоги до точності, шорсткості поверхні та економічну доцільність виробництва. [1]

У бакалаврській дипломній роботі розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020», що є типовою деталлю валового типу та застосовується для передавання крутного моменту у механічних системах. Деталь містить точні циліндричні поверхні з квалітетом ІТ6, нарізеві з'єднання, шпонкові пази, фаски, галтелі, що зумовлює необхідність використання високоточного обладнання та оптимізації послідовності оброблення.

Метою роботи є побудова науково обгрунтованого технологічного процесу механічного оброблення вала в умовах середньосерійного виробництва з урахуванням вимог креслення, стандартів точності та використання сучасного металооброблювального устаткування з числовим програмним керуванням (ЧПК). [2]

Під час виконання роботи проведено аналіз конструкції та технологічності деталі, обгрунтовано вибір заготовки, створено маршрут обробки, визначено міжопераційні розміри, припуски, режими різання, вибрано технологічне оснащення, інструмент, а також побудовано керуючу програму для обробки на верстаті з ЧПК.

Актуальність роботи обумовлена потребою у скороченні виробничих витрат, зниженні кількості браку, підвищенні якості готових деталей та адаптації процесів до вимог цифрового виробництва.

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		7

# 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Аналіз призначення та конструкції деталі

Деталь «Вал 0735.401417.020» відноситься до класу валів, що застосовуються у вузлах силової передачі для передавання крутного моменту між складовими частинами механізму. Вал зазнає навантажень на вигин, кручення, а також динамічних змін навантаження під час роботи. Це вимагає підвищених вимог до міцності, зносостійкості та геометричної точності облюваних поверхонь.

Наявність посадкових поверхонь із високими класами точності вимагає застосування прецизійного устаткування та відповідного інструменту. Основні вимоги до конструктивних елементів деталі сформовано на основі її функціонального призначення.

Матеріалом для виготовлення деталі є легована конструкційна сталь 40Х, яка характеризується високою міцністю, твердістю після термічного оброблення. В таблиці 1.1 наведено її основні фізико-механічні характеристики.

Таблиця 1.1 - Фізико-механічні властивості сталі 40Х [3.1]

Щільність	7870 кг/м <sup>3</sup>
Межа міцності при розтягуванні	980 МПа
Межа плинності	785 МПа
Відносне подовження	14 %
Ударна в'язкість	590 кДж/м <sup>2</sup>

Сталь 40Х містить основні легуючі елементи, які забезпечують фізико-механічні властивості, зокрема хром, марганець, кремній та інші. Її хімічний склад відповідає нормам ДСТУ 7806 і поданий у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 - Хімічний склад сталі 40Х [3.2]

C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Fe
0.36...0.44	0.17...0.37	0.50...0.80	0.80...1.10	≤0.30	≤0.035	≤0.035	Основа

					БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По			8





№ поверхні	Послідовність оброблення (методи, вид); інструменти	Точність, шорсткість	Тип верстата, пристрій
4	Чорнове точіння; чистове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04	h12→h8, Ra3.2→Ra0.8	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
5	Чорнове точіння; чистове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04	h12→h8, Ra3.2→Ra0.8	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
6	Фрезерування; Фреза: F2AH0600ADN30	H10, Ra1.6	Фрезерний верстат з ЧПК моделі DMG MORI DMU 50
7	Точіння канавки; Різець: A3SCR2525M0226	H12, Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
8	Точіння канавки; Різець: A3SCR2525M0226	H12, Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
9	Точіння канавки; Різець: A3SCR2525M0226	H12, Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
10	Чорнове точіння; чистове обточування Різець: DCLNR2525M12KC04	h8→h6, Ra3.2→Ra0.8	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
11	Точіння фаски Різці: DCLNR2525M12KC04	h11, Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG

БР-ПМ-41.00.000 ПЗ

Арк.

11

№ поверхні	Послідовність оброблення (методи, вид); інструменти	Точність, шорсткість	Тип верстата, пристрій
			MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон
12	Підрізання торця; Різець: DCLNR2525M12KC04	h12, Ra3.2	Токарний верстат з ЧПК моделі DMG MORI CLX 350 V3, трикулачковий патрон

### 1.3 Визначення програми випуску деталей

Програма випуску деталей залежить від типу виробництва, маси деталі, кількості робочих днів у році та середньої партії запуску. Згідно з завданням, тип виробництва середньосерійний. Маса деталі складає приблизно 3,2 кг.

Для середньосерійного виробництва характерний випуск деталей в межах 1000-10000 шт/рік. Приймаємо програму випуску  $N=6000$  шт/рік.

Розмір партії запуску визначимо за формулою:

$$N=(N*a)/F$$

де:

$N=6000$  річна програма випуску

$a=6$  запас у днях

$F=261$  кількість робочих днів у році

Отримуємо:

$$n=(6000*6)/261=138 \text{ дет.}$$

Уточнимо річну програму:

$$N=(n*F)/a=(138*261)/6=6000 \text{ шт.}$$

					БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.		

## 2 РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

### 2.1 Обґрунтування вибору формоутворення заготовки

Процес формоутворення заготовки є ключовим етапом проектування технологічного процесу виготовлення деталі. Правильно обрана заготовка забезпечує економічну доцільність виробництва, оптимальні припуски, зменшення кількості оброблюваних поверхонь, а також відповідність вимогам до точності та якості готової деталі.

Вихідними даними для вибору типу заготовки є матеріал деталі, габаритні розміри, тип виробництва, вимоги до точності та чистоти поверхні. Деталь «Вал 0735.401417.020» має обертальну симетрію, обробку за посадками 6-8 квалітет точності та шорсткість Ra до 0,8 мкм, що передбачає використання пруткового прокату в якості вихідної заготовки.

Як заготовку обрано пруток круглого перерізу зі сталі 40X діаметром 30 мм згідно з ДСТУ EN 10060:2016, що відповідає вимогам до заготівельного матеріалу середньої вуглецевості з підвищеною міцністю. Цей тип заготовки характеризується хорошою оброблюваністю, однорідною структурою та мінімальними відхиленнями форми і розмірів, що дає змогу ефективно реалізувати токарну та шліфувальну обробку. [3.3]

Обраний спосіб постачання – мірними заготовками довжиною до 480 мм із відрізнанням заготовки на стрічкопильному верстаті. Це дає можливість формування якісного торця заготовки з мінімальними витратами часу й трудових ресурсів.

У таблиці 2.1 наведено узагальнене обґрунтування вибору типу заготовки для виготовлення вала.

Таблиця 2.1 - Обґрунтування вибору типу заготовки [5]

Найменування заготовки	Круглий пруток Ø30 мм зі сталі 40X
Нормативний документ	ДСТУ EN 10060:2016
Спосіб виготовлення	Гарячекатаний прокат круглого перерізу
Спосіб подачі в цех	Мірні заготовки довжиною до 480 мм
Метод заготівельної обробки	Розкрій стрічкопильним верстатом
Придатність до мех. обробки	Висока (Ra до 3.2 мкм після розкрою)

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.		13

## 2.2 Вибір маршруту та операцій механічного оброблення деталей

Вибір маршруту оброблення визначається вимогами до точності, жорсткості, економічності та організаційними умовами виробництва. Послідовність операцій повинна забезпечити зручне базування, мінімізацію похибок взаємного розташування поверхонь, можливість багатостанкового обслуговування та автоматизованого контролю якості. Послідовність операцій наведена у таблиці 2.2. [4]

Таблиця 2.2 - Технологічний маршрут механічної обробки деталі.

№ операції	Назва операції	№ переходу		Технологічне оснащення
Установ А обробка зліва				
005	Заготівельна	1	Обрізати заготовку в розмір 465h14	Стрічкопилний верстат (Beck-Mak BMSY)
010	Токарна з ЧПК	1	Підрізати торець начисто	Токарний верстат з ЧПК DMG MORI CLX 350 V3
		2	Свердлити центрувальний отвір Ø3,15	
		3	Точити Ø22h8 на довжину 35	
		4	Точити Ø18h8 на довжину 29,5+/-0,5	
		5	Точити діаметр під різьбу M10 на довжину 15 +/-0,3	
		6	Зняти фаску 1x45°	
		7	Точити Ø17h9 на довжину 15	
		8	Нарізати різь M10 на довжину 15	

Арк.

БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ

14



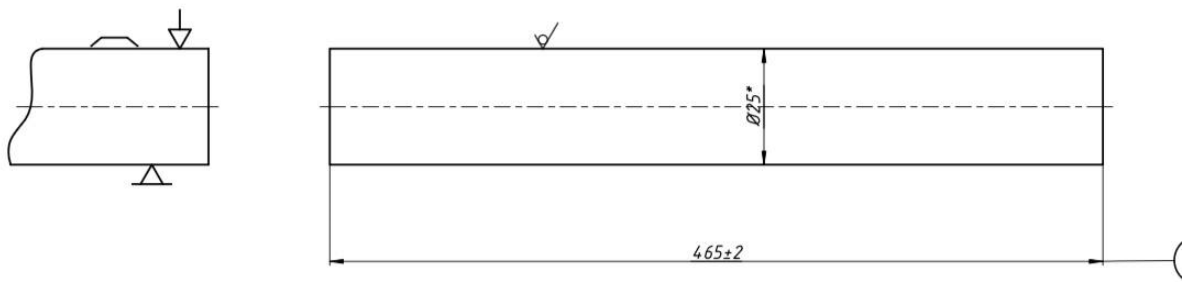


Рис. 2.1 - Поопераційний ескіз операції 005

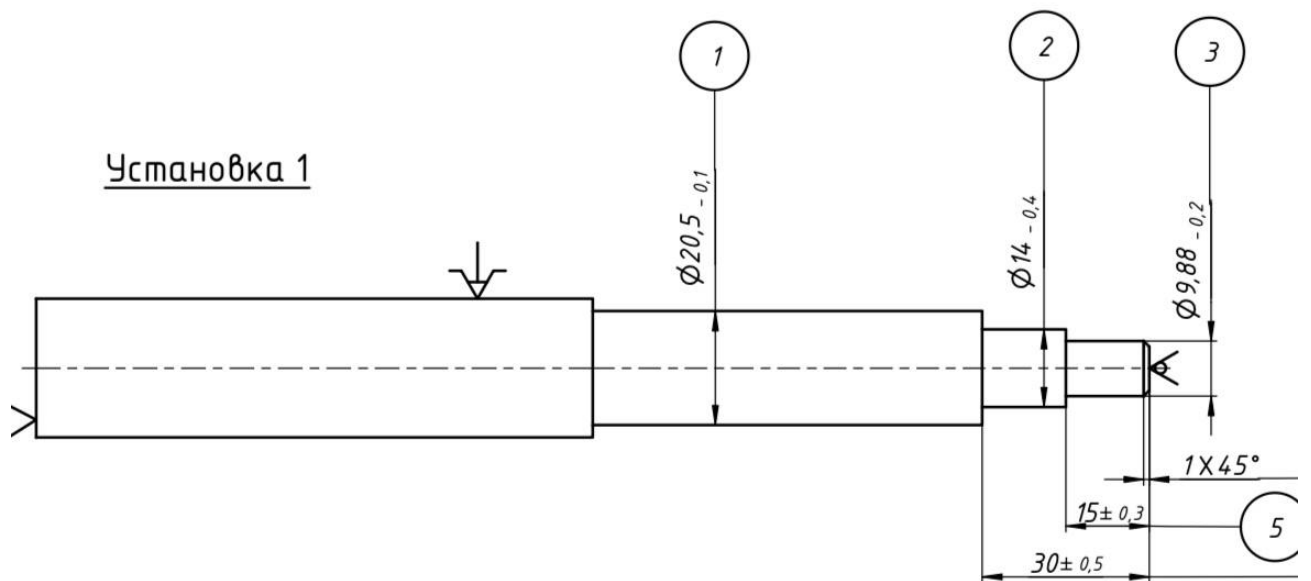


Рис. 2.2 - Поопераційний ескіз операції 010

					БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.		16

Установка 2

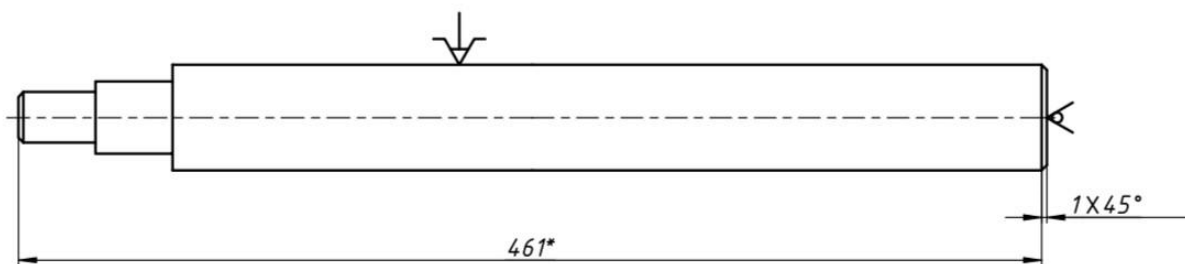


Рис. 2.3 - Поопераційний ескіз операції 015

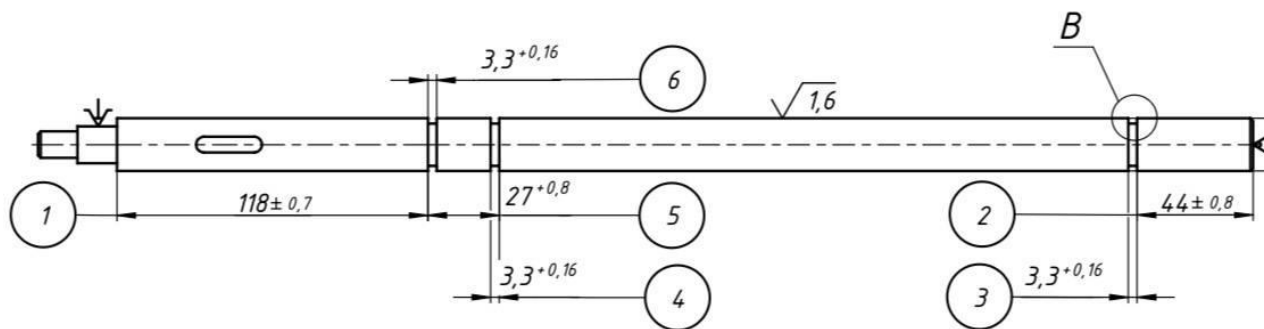


Рис. 2.4 - Поопераційний ескіз операції 020

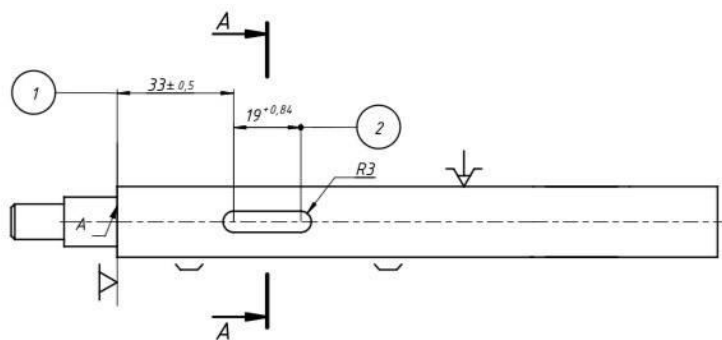


Рис. 2.5 - Поопераційний ескіз операції 025

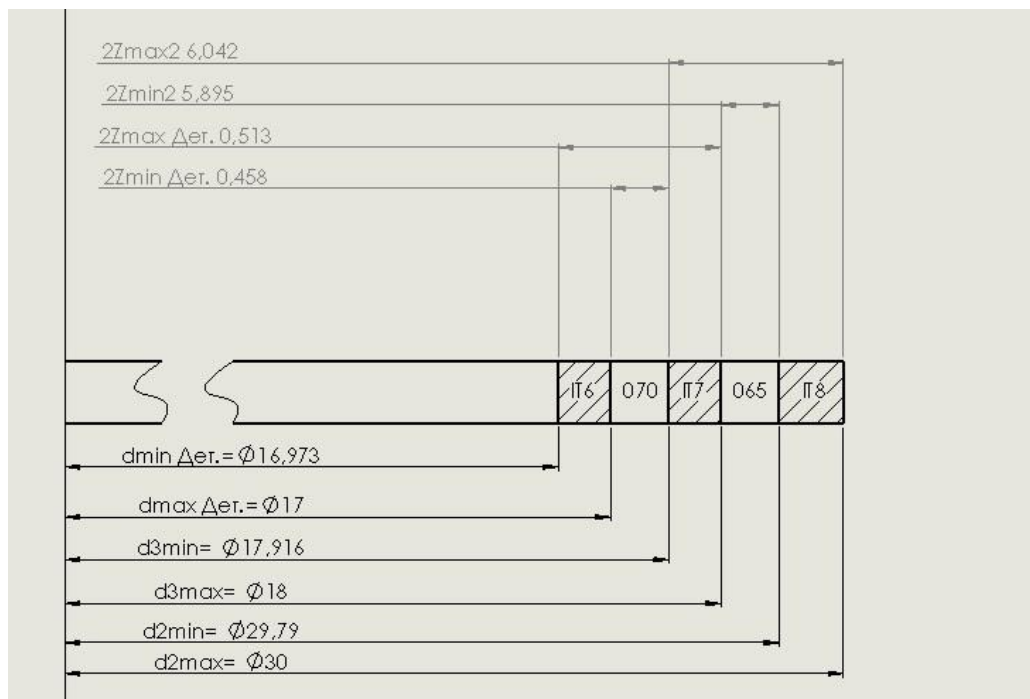
									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По	БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ				

## 2.3 Розрахунок міжопераційних розмірів та припусків на операцію 010 точіння з ЧПК

Таблиця 2.3 - Розрахунок міжопераційних розмірів та припусків на операцію 010 точіння з ЧПК

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуска		Виконавчий розмір
	IT	Метод оброблення		Td, мм	$d^{max}$ , мм	$d^{min}$ , мм	$2z^{max}$ I	
2) Ø20k8 Ra0,8	12	Заготовка	0,21	Ø30	Ø 29,79	—	—	Ø30 <sub>-0.21</sub>
	10	Точін. чорн.	0,840	Ø 18	Ø 17,916	6,042	5,895	Ø18 <sub>-0.084</sub> Ø17 <sub>-0.027</sub>
	8	Точін. чист.	0,027	Ø 17	Ø 16,973	0,513	0,458	

Рисунок 2.6 - Схема розташування міжопераційних розмірів, припусків та допусків на операцію 010 точіння з ЧПК



									Арк.
									18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.	БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ				





## 3 ВИБІР ЗАСОБІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

### 3.1 Опис металорізальних верстатів

У системах автоматизованого виробництва ключову роль відіграють верстати з числовим програмним керування (ЧПК), оскільки вони забезпечують високу точність, стабільність параметрів обробки та гарантовану повторюваність результатів. Ці характеристики особливо важливі для серійного та масового типу виробництва. Програмне управління дозволяє здійснювати обробку без прямої участі оператора, що сприяє зниженню впливу людського фактора та збільшенню надійності технологічного процесу. Висока продуктивність, зменшення виробничих витрат, зниження кількості браку та ефективне поєднання з CAD/CAM-системами роблять верстати з ЧПК невід'ємною частиною сучасного виробництва.

У даному проєкті передбачено використання верстатів торгової марки DN Solution, що зумовлено їх високими експлуатаційними характеристиками. Це обладнання відзначається точністю, технологічною гнучкістю та стабільністю функціонування в умовах інтенсивної експлуатації. Також верстати цієї марки забезпечують ефективну інтеграцію з автоматизованими лініями та системами ЧПК, що дозволяє оптимізувати виробничі потоки та підвищити загальну ефективність обробки деталей.

#### 1. Токарний верстат з ЧПК DMG MORI CLX 350 V3

CLX 350 V3 це високоточний токарний верстат з ЧПК, призначений для універсальної обробки заготовок складної геометрії. Він оснащений автоматизованою револьверною головкою, що дозволяє виконувати точіння, підрізання торців, нарізання нарізей, фасок, канавок тощо.

Основні характеристики верстата:

- Максимальний діаметр обробки: 320 мм.
- Максимальна довжина обробки: до 530 мм.
- Діаметр прутка: до 65 мм.
- Шпиндель: 5000 об/хв, 16.5 кВт, 250 Н\*м.

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		21

- Револьверна головка: 12 позицій VDI30.
- Система ЧПК: Siemens 840D SL або Fanuc 0i-TF Plus.
- Програмування: інтерфейс CELOS. [12]



Рис 3.1 - Загальний вигляд верстату з ЧПК DMG MORI CLX 350 V3

## 2. Фрезерний верстат з ЧПК DMG MORI DMU 50 (3rd Gen)

DMU 50 п'ятикоординатний високоточний вертикально-фрезерний верстат для обробки складних корпусних і ротаційних деталей.

Основні характеристики верстату:

- Переміщення: X-650 мм, Y-520 мм, Z-475 мм
- Поворот: B- -35° до +110°, C-360°
- Шпиндель: до 20 кВт, до 20000 об/хв, HSK-A63
- Стіл Ø630 мм, вантажопідйомність 300 кг
- Система ЧПК: Heidenhain TNC 640 або Siemens 840D
- Інструментальна система: до 60 позицій [12]

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		22





Рис 3.3 - Загальний вигляд верстату Pilous ARG 300 Plus

### 3.2 Опис пристроїв механічного оброблення.

Для надійного закріплення заготовки вала під час обробки на токарному верстаті з числовим програмним керуванням доцільно використовувати трикулачковий патрон з гідроприводом. Патрон Samchully HS-06 призначений для автоматизованого затиску та центрування тіл обертання під час токарної обробки. Завдяки гідравлічному приводу затиск здійснюється з високою повторюваністю і силою, що гарантує стабільне положення деталі навіть під час обробки з великим припуском. Конструкція кулачків дозволяє легко адаптувати їх під форму заготовки. Патрон відповідає вимогам до точності та надійності та підходить для інтеграції в автоматизовану виробничу систему з ЧПК.

Технічні характеристики патрона Samchully HS-06:

- Виробник: Samchully Machinery Co., Ltd (Південна Корея)
- Модель: HS-06
- Тип патрона: трикулачковий, гідравлічний, автоматичний

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.		24

- Діаметр патрона: 165 мм
- Максимальна сила затиску: 63 кН
- Максимальна швидкість обертання: 4500 об/хв
- Тип кулачків: м'які/тверді змінні кулачки (типу Tongue & Groove)
- Механізм приводу: гідравлічний циліндр, встановлений на задній частині шпинделя
- Клас точності: відповідає DIN 6386, клас точності А
- Матеріал корпусу: сталь, термооброблена та шліфувана
- Кріплення: пряме до планшайби згідно з міжнародними стандартами DIN ISO 702-3 [15]



Рис. 3.4 - Загальний вигляд патрону Samchully HS-06

					БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		25

### 3.3 Опис різальних інструментів

Різці та фрези компанії Kennametal вирізняються високою якістю обробки, стабільною роботою без вібрацій та підвищеною зносостійкістю. Це сприяє досягненню високої точності й чистоти оброблених поверхонь. Виробник пропонує широкий вибір інструментів для різних технологічних операцій, активно впроваджуючи сучасні покриття та інженерні рішення, які забезпечують підвищену термостійкість і високу тривалість ресурсу. Незважаючи на доволі високу початкову вартість, інструменти Kennametal є економічно-доцільним вибором для серійного виробництва, оскільки потребують рідшої заміни та забезпечують надійну експлуатацію.

Таблиця 3.1 - Опис різальних інструментів [14]

Токарні різці:		
Код державки:	Код пластинки:	Призначення:
DCLNR2525M12KC04 	CNMA20408	Чорнове обточування, підрізання торця
PDJNR2525M11 	DNMG110408FR	Чистове обточування
A3SCR2525M0226	A2022N00CR02	Точіння канавок

<p>NSR2525M3</p>	<p>NTF3R</p>	<p>Різьбонарізання</p>
<p>DCSNR2525M12KC04</p>	<p>CNGX120408</p>	<p>Оброблення фасок</p>

<p>Фрези:</p>		
<p>F2AH0600ADN30 D=6 L=57 L1=10</p>	<p>-</p>	<p>Фрезерування шпонкового пазу</p>

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ

### 4.1 Призначення, будова та робота пристрою

Під час оброблення деталей типу «вал» необхідно забезпечити надійне базування та закріплення заготовки на металорізальному верстаті з ЧПК. Для цього розроблено спеціальний призматичний пристрій, призначений для фіксації деталі при фрезеруванні шпонкового паза (операція 025).

Призначення пристрою:

Контрольовано затискний пристрій призначений для надійної фіксації валоподібних деталей під час фрезерної обробки. Основною його функцією забезпечення точного базування за призматичними поверхнями з можливістю гідравлічного затиску. [10]

Будова пристрою:

Конструкція пристрою включає такі основні елементи:

- Основа пристрою (позиція 1) – жорстка станина, на якій монтуються всі інші компоненти. Виготовлена зі сталі 45 для зменшення вібрацій.
- Призматичні опори (позиції 2 та 3) – елементи V-подібної форми, які виконують функцію базування заготовки по зовнішньому діаметру. Оброблені з високою точністю, можуть бути змінними.
- Гідравлічний циліндр (позиція 4) – призначений для створення сили притиску до бази. Може мати автоматичне керування.
- Зажимна планка з напрямними (позиція 5) – передає тиск на деталь та забезпечує рівномірний притиск по довжині.
- Кріпильні елементи (позиції 6, 7) – болти, гвинти, штифти, що забезпечують монтаж конструктивних частин до основи.

Принцип роботи:

Після встановлення деталі на призматичні опори оператор активує гідропривід, що призводить до переміщення затискної планки. В результаті деталь щільно притискається до базових поверхонь і утримується у стабільному положенні протягом усієї операції. Пристрій дозволяє зменшити похибки позиціонування

та гарантує повторюваність умов базування для серійного виробництва.

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		

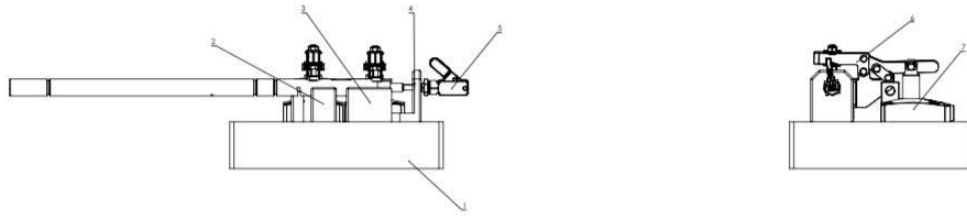


Рис 4.1 - Будова пристрою

#### 4.2 Визначення діючих сил

Визначаємо тангенційну силу різання за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} * K_{mp} \quad (11.1)$$

де  $x=0,86$ ;  $y=0,72$ ;  $q=0,86$ ;  $w=0$ ;  $n=1$ ;  $C_p=68,2$  – коефіцієнти змінних умов сил різання;

$K_{mp}$  – поправковий коефіцієнт, що враховує фізико-механічні властивості матеріалу деталі.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{750}\right)^{0,3} \quad (11.2)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750}\right)^{0,3} = 0,95$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,04^{0,72} \cdot 6^{1,2}}{60,86 \cdot 8000} * 0,95 = 297 \text{ Н}$$

Визначення моментів та загальної сили різання, що діють на деталь при фрезеруванні шпонкового пазу:

$$k \sum M_{\text{хакт}} + \sum M_{\text{хпр}} = 0; \quad (11.3)$$

$$k \cdot \gamma \cdot P_{zy} \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) - 2 * T * R = 0; \quad (11.4)$$

$$T = T_1 = T_2; \quad (11.5)$$

$$T = f * N; \quad (11.6)$$

$$N = \frac{w}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}; \quad (11.7)$$

$$k \cdot \gamma \cdot P_{zy} \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) = f * \frac{w}{2 \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)} * R; \quad (11.8)$$

$$P_{zy} = 1,2 * P_z; \quad (11.9)$$

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Підп.					

Визначаємо силу закріплення деталі у пристрої:

$$W = \frac{1,2 \cdot k \cdot P_z \cdot \left(R - \frac{h}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{f \cdot R}, \quad (11.10)$$

де:  $f$ - коефіцієнт тертя;

$k$ - коефіцієнт запасу закріплення деталі у пристрої.

Коефіцієнт запасу закріплення деталі у пристрої:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (11.11)$$

де:  $k_0=1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу закріплення деталі у пристрої;

$k_1=1$  – коефіцієнт нерівномірності сил різання при фрезеруванні шпонкового пазу через непостійність припуску, що знімається при механічному оброблянні;

$k_2=1,7$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при фрезеруванні шпонкового пазу від прогресуючого зносу різального інструменту.

$k_3=1,2$  – коефіцієнт, що враховує переривчастість процесу фрезерування шпонкового пазу;

$k_4=1$  – коефіцієнт, що враховує нерівномірність сил затиску у пристрої для фрезерування шпонкового пазу, який залежить від приводу верстату;

$k_6=1$  – коефіцієнт, що враховує, розташування місць контакту.

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06$$

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп	По		30

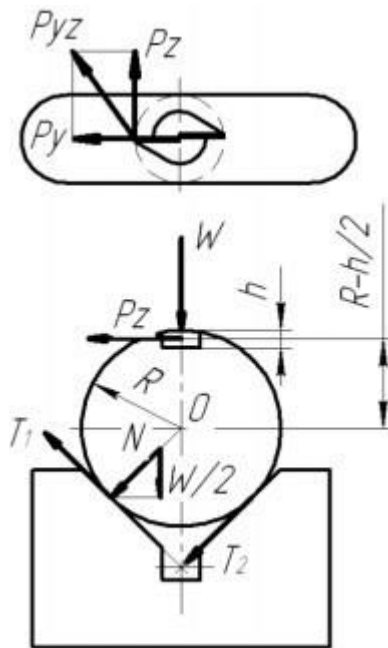


Рис 4.2 - Схема дії сил закріплення

Сила закріплення деталі у пристрої згідно розрахунків:

$$W = \frac{297,7 * 1,2 * 3,06 * \left(0,013 - \frac{0,002}{2}\right) * \sin\left(\frac{90}{2}\right)}{0,15 * 0,013} = 4756 \text{ Н.}$$

### 4.3 Силовий розрахунок механізму та привода

Сила дії штоку гідроприводу визначається за кінематичною схемою пристосування:

$$\sum M_o = 0;$$

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{np} \cdot h + F_1 \cdot h_1 + F_2 \cdot R + F_3 \cdot h_2 = 0;$$

$$F_2 = f \cdot (P_1 - P_{np} + P \cdot \sin \gamma) = f \cdot P_1 - f \cdot P_{np} + f \cdot P \sin \gamma;$$

$$F_1 = f \cdot P; \tag{11.12}$$

$$F_3 = f \cdot P_1; \tag{11.13}$$

$$P = \frac{W}{2 \cos \gamma}; \tag{11.14}$$

$$P = \frac{4756}{2 \cos 70} = 6952 \text{ Н.}$$

									Арк.
									31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По	БР-ПМ-41.00.000 ПЗ				

$$P \cdot L - P_1 \cdot L_1 + P_{\text{пр}} \cdot h + f \cdot P \cdot h_1 + f \cdot P_1 \cdot R - f \cdot P_{\text{пр}} \cdot R + f \cdot P \cdot \sin \gamma \cdot R + f \cdot P_1 \cdot h_2 = 0;$$

$$P_1 = \frac{P \cdot (L + f \cdot h_1 + f \cdot \sin \gamma \cdot R) + P_{\text{пр}} \cdot (h - f \cdot R)}{L_1 - f \cdot R - f \cdot h_2} \quad (11.15)$$

Сила пружини:

$$P_{\text{пр}} = 1,2(a \cdot m \cdot f) \quad (11.16)$$

де  $m = 0,3$  кг – маса важеля;

$a = 3$  – коефіцієнт, що враховує силу подолання тертя пружини в двох місцях – між втулкою та плунжером, а також між регулювальним гвинтом і плунжером.

$$P_{\text{пр}} = 1,2 \cdot (3 \cdot 0,15 \cdot 0,3) = 0,16 \text{ Н.}$$

Визначаємо зусилля на штоку:

$$Q = 2 P_1 \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) \quad (11.17)$$

де  $\alpha$  – кут клину;

$\varphi$  – кут тертя.

$$P_1 = \frac{6952 \cdot (0,08 + 0,015 \cdot 0,022 + 0,15 \cdot \sin 70 \cdot 0,0075) + 0,16 \cdot (0,13 - 0,15 \cdot 0,0075)}{0,062 - 0,15 \cdot (0,0075 - 0,005)} = 9168 \text{ Н}$$

$$Q = 2 \cdot 9168 \cdot \text{tg}(20 + 9) = 10163 \text{ Н.}$$

Визначаємо мінімальний діаметр штока гідроциліндра:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (11.18)$$

де  $p$  – номінальний тиск в гідравлічній системі;

$\alpha$  – коефіцієнт затягування;

$[\sigma]$  – допустиме напруження на розтяг для матеріалу штока:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 10163}{3,14 \cdot 100}} = 17 \text{ мм.}$$

Приймаємо мінімальний діаметр різі на штоці гідроциліндра  $d = 17$  мм.

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.		

Зовнішній діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi}} \quad (11.19)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10163}{3.14 \cdot 5 \cdot 0.85}} = 55 \text{ мм}$$

### 4.3 Контрольний пристрій

Для забезпечення контролю точності зовнішніх циліндричних поверхонь деталі типу вал застосовується контрольний пристрій у вигляді калібру-скоби. Калібр скоби широко застосовуються у масовому та серійному виробництвах для контролю стандартних циліндричних ділянок. Їх використання скорочує час перевірки і дозволяє зменшити вплив людського фактору при вимірюваннях. Калібр-скоба призначена для контролю зовнішніх діаметрів деталі, зокрема ділянок базування та посадкових поверхонь. Основна функція – виявлення деталей, що виходять за межі встановлених допусків, з мінімальними витратами часу та без потреби в операціях з налагодженням індикаторних приладів. Калібр-скоба складається з двох розмірних прорізів – прохідного (GO) та непрохідного (NOGO). Деталь вважається такою, що відповідає кресленню, якщо поверхня проходить через проріз GO і не проходить через NOGO. Це дозволяє оперативно та точно оцінити відповідність діаметру без розрахунків і підготовки.

Характеристики калібру:

Тип: двостороння калібр-скоба

Контрольований діаметр: Ø20 k6

Клас точності: I або II згідно з ДСТУ

Матеріал: загартована інструментальна сталь

Відповідність: ДСТУ 18360:2014

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		

#### 4.4 Побудова схеми полів допусків калібра-скоби

Для побудови схеми розташування полів допусків калібра-скоби за стандартом ДСТУ 18360:2014, виписуємо необхідні дані:

$$\varnothing 20k6 \begin{matrix} +0.010 \\ +0.002 \end{matrix}$$

$$D_{\max} \varnothing 20.01$$

$$D_{\min} \varnothing 20.002$$

$H_1 = 4$ мкм – допуск на виготовлення нового калібру-скоби

$Z_1 = 3$ мкм – зміщення середини поля допуску калібрів для вали

$Y_1 = 3$ мкм – допустимий вихід зношеного калібру за межі поля допуску валу

$$PP_{\max} = D_{\max} + Z_1 - H/2 = 20.01 + 0.003 - 0.004/2 = 20.011 \text{ мм.}$$

$$PP_{\min} = D_{\max} - Z_1 - H/2 = 20.01 - 0.003 - 0.004/2 = 20.005 \text{ мм.}$$

$$PP_{\text{знос}} = D_{\max} + Y_1 = 20.01 + 0.003 = 20.013 \text{ мм.}$$

$$HE_{\max} = D_{\min} + H/2 = 20.002 + 0.004/2 = 20.004 \text{ мм.}$$

$$HE_{\min} = D_{\min} - H/2 = 20.002 - 0.004/2 = 20 \text{ мм}$$

$$HE = 20^{+0.004} \text{ мм.}$$

$$PP = 20^{+0.011}_{+0.005} \text{ мм. [8]}$$

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		



## 5 Створення керуючої програми

G-код (G-code) – це спеціалізована мова програмування, яка застосовується для керування роботою верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), зокрема токарних, фрезерних, шліфувальних, лазерних установок, тощо. Ця мова забезпечує точне управління рухами та технологічними параметрами інструментів під час обробки деталей.

Команди G-коду виконують такі основні функції:

- Визначення траєкторії переміщення інструмента;
- Керування шпинделем та зміна інструменту;
- Встановлення параметрів швидкості обертання та подачі.

Найпоширеніші команди G-коду:

- G00 – швидкий рух інструменту без обробки;
- G01 – робочий рух інструменту з подачею;
- G02/03 – кругові інтерполяції за годинниковою стрілкою та проти неї відповідно.

Допоміжні коди (M-коди):

- M01 – програмна пауза
- M03/M04 – увімкнення обертів шпинделя за/проти годинникової стрілки;
- M05 – зупинка шпинделя;
- M06 – зміна інструменту;
- M08/M09 – увімкнення/вимкнення подачі мастильно-охолоджувальної рідини (MOP);
- M30 – завершення програми та повернення у вихідне положення. [9]

Inventor CAM – це САМ-система інтегрована у середовище тривимірного моделювання Autodesk Inventor. Вона використовується для генерації траєкторій оброблення та побудови керуючих програм для верстатів з ЧПК. Ця система дозволяє створювати точні стратегії обробки з урахуванням геометрії моделі, типу інструменту, режимів різання та параметрів заготовки.

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.	БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ				

Щоб створити програму обробки в Inventor CAM, необхідно попередньо побудувати 3D-модель деталі та відповідної заготовки (рис.5.1, рис. 5.2). Після цього проводиться налаштування координатної системи, вибір типу операції (наприклад, фрезерування, свердління) та створення траєкторій з наступною генерацією G-коду.

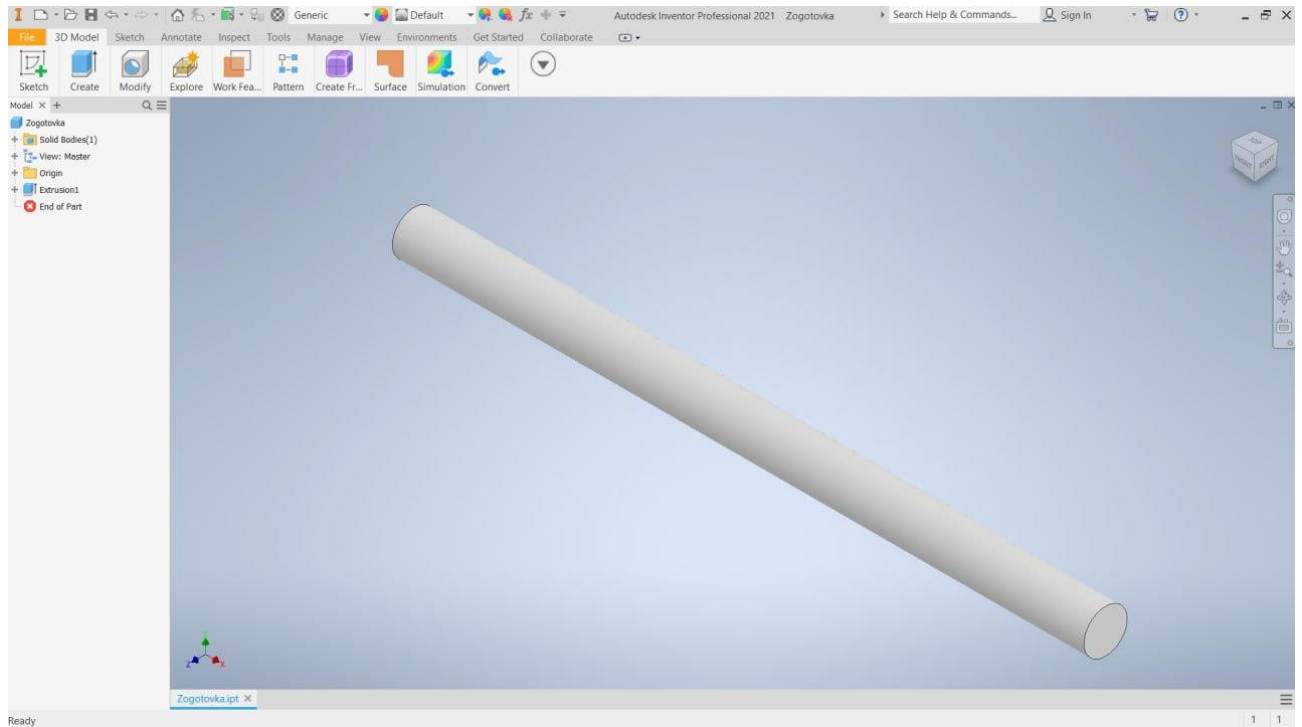


Рис. 5.1 - 3D-модель заготовки

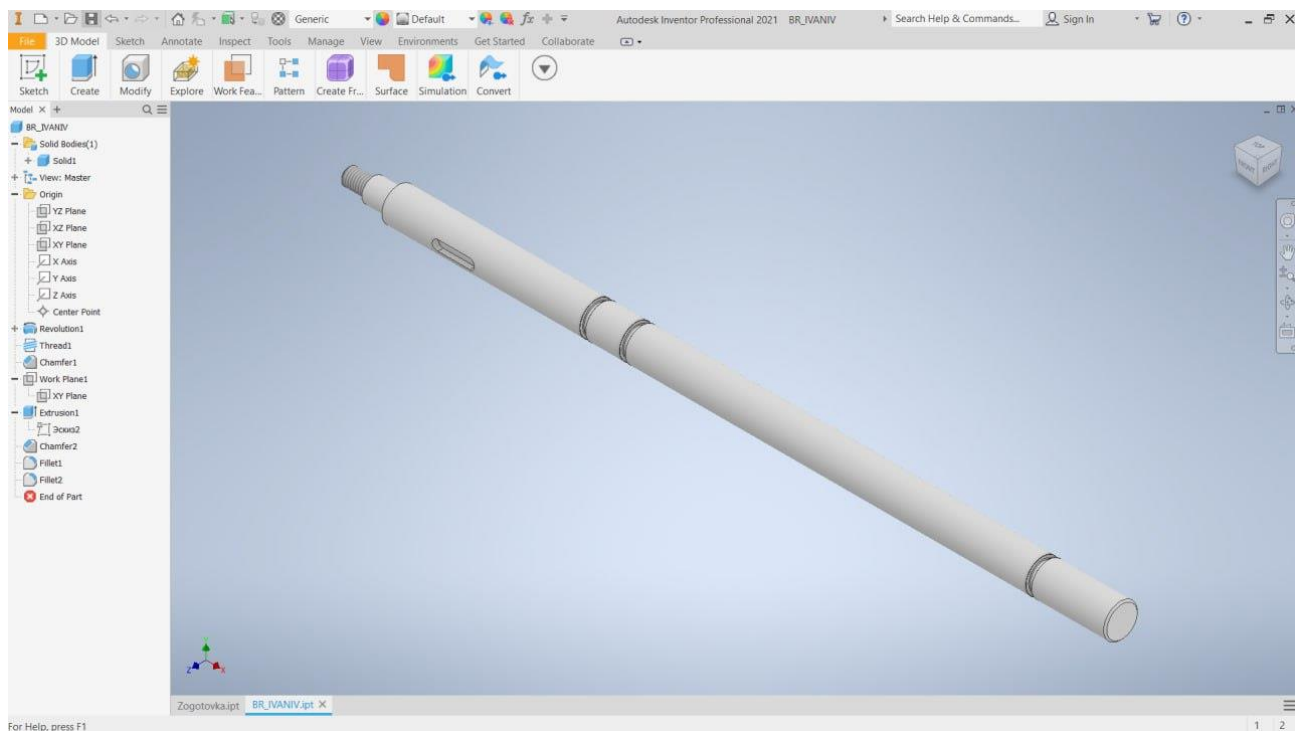


Рис.5.2 - 3D-модель деталі

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Поз.					

БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ

Етапи розробки програми показані на рисунках 5.3-5.10

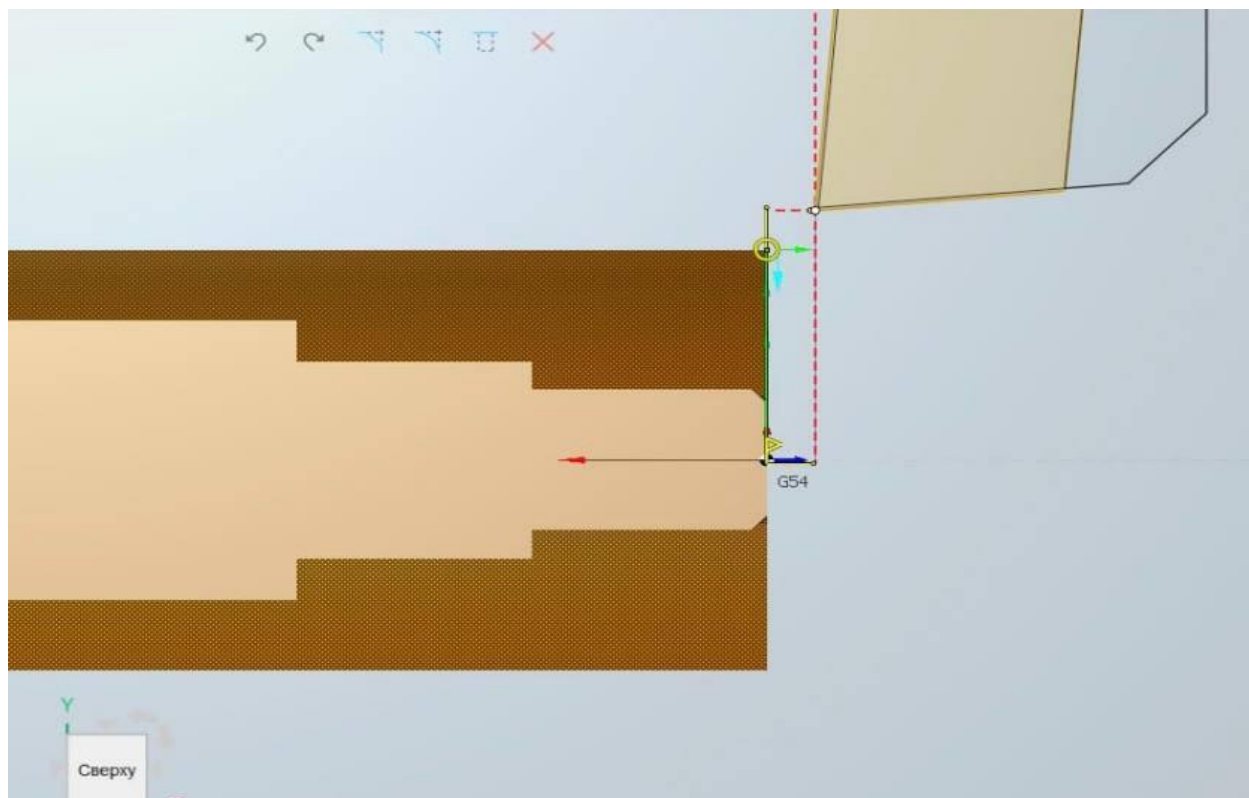


Рис. 5.3 - Підрізання троця

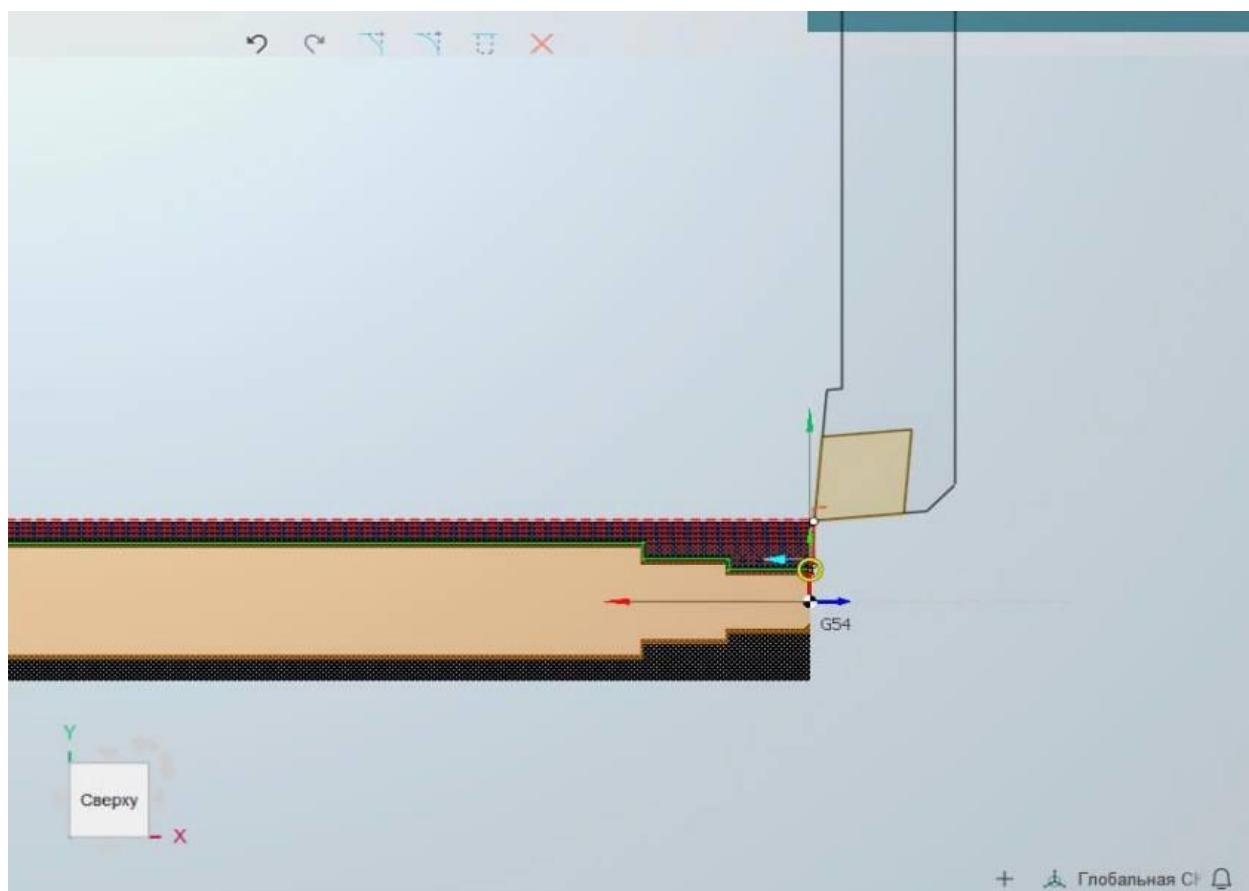


Рис 5.4 - Зовнішнє чорнове обточування

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп	По		38

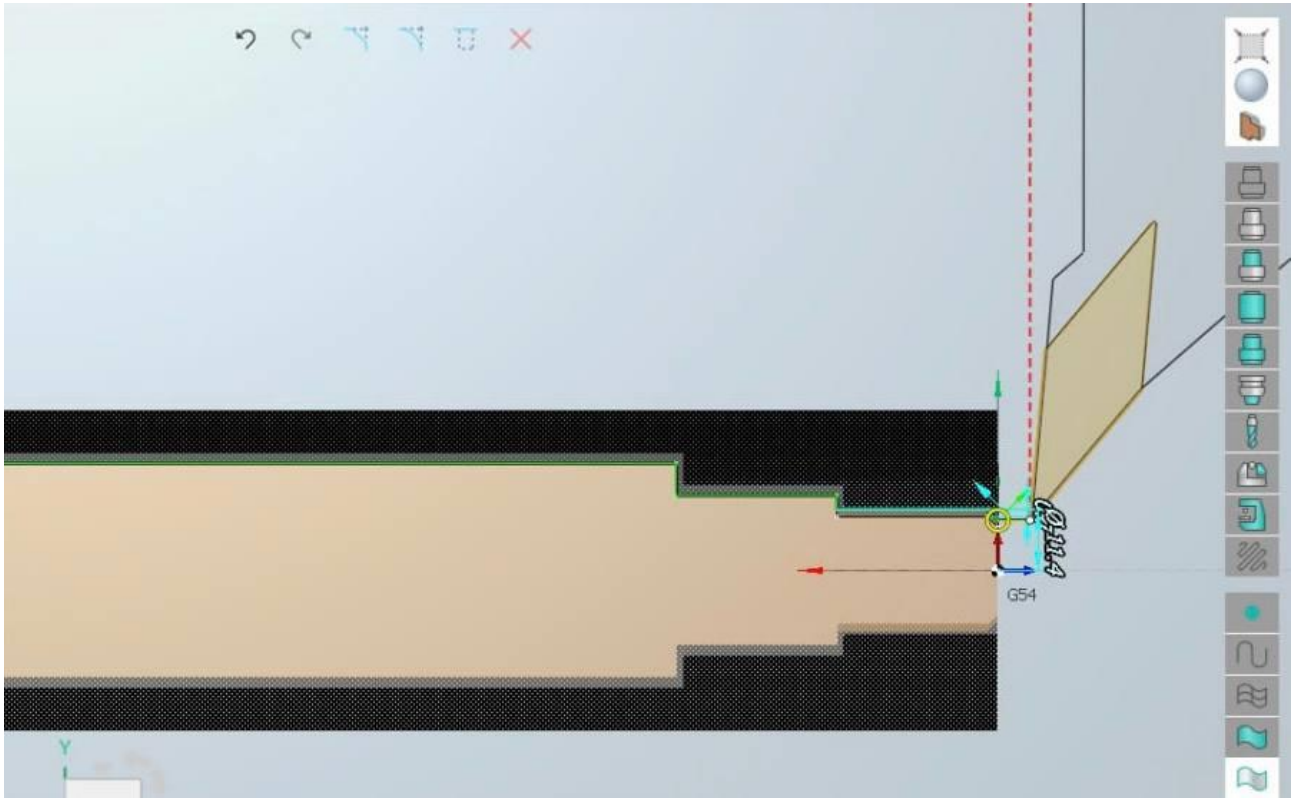


Рис 5.5 - Зовнішнє чистове обточування

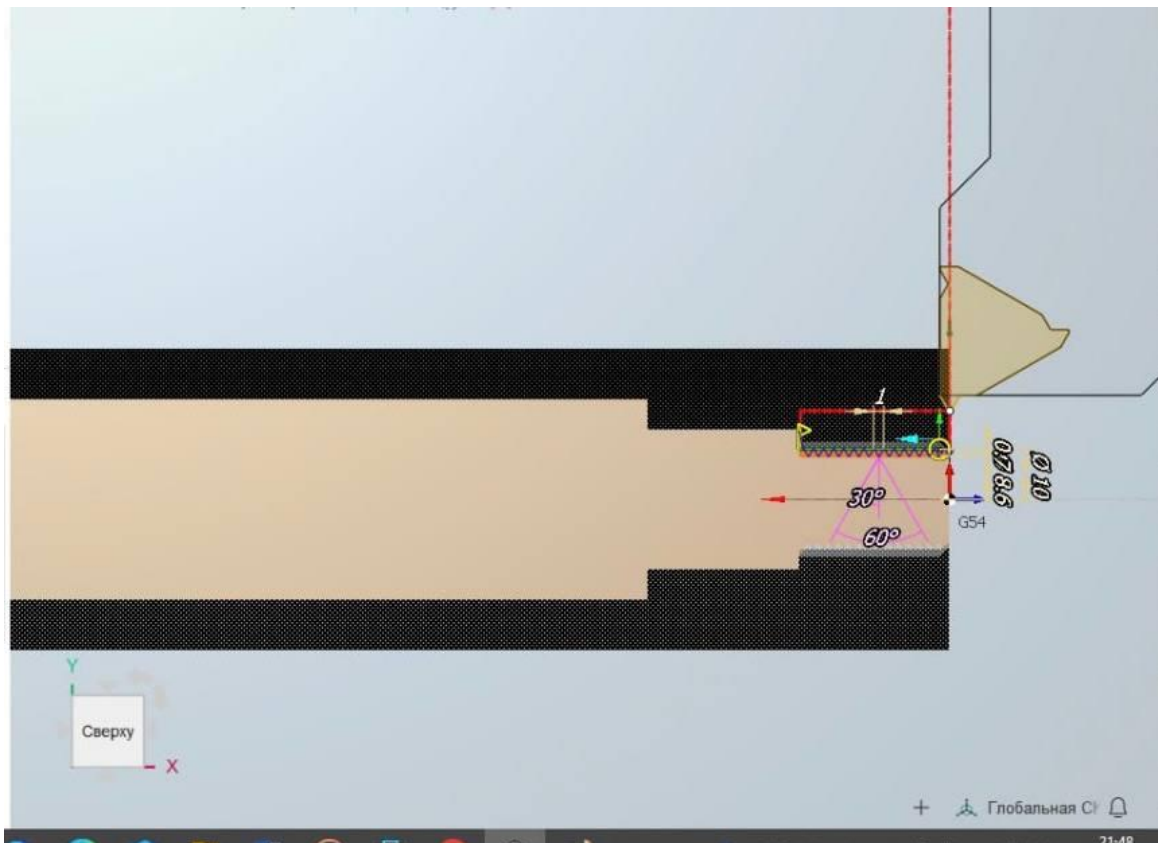


Рис 5.6 - Нарізання різі

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		39

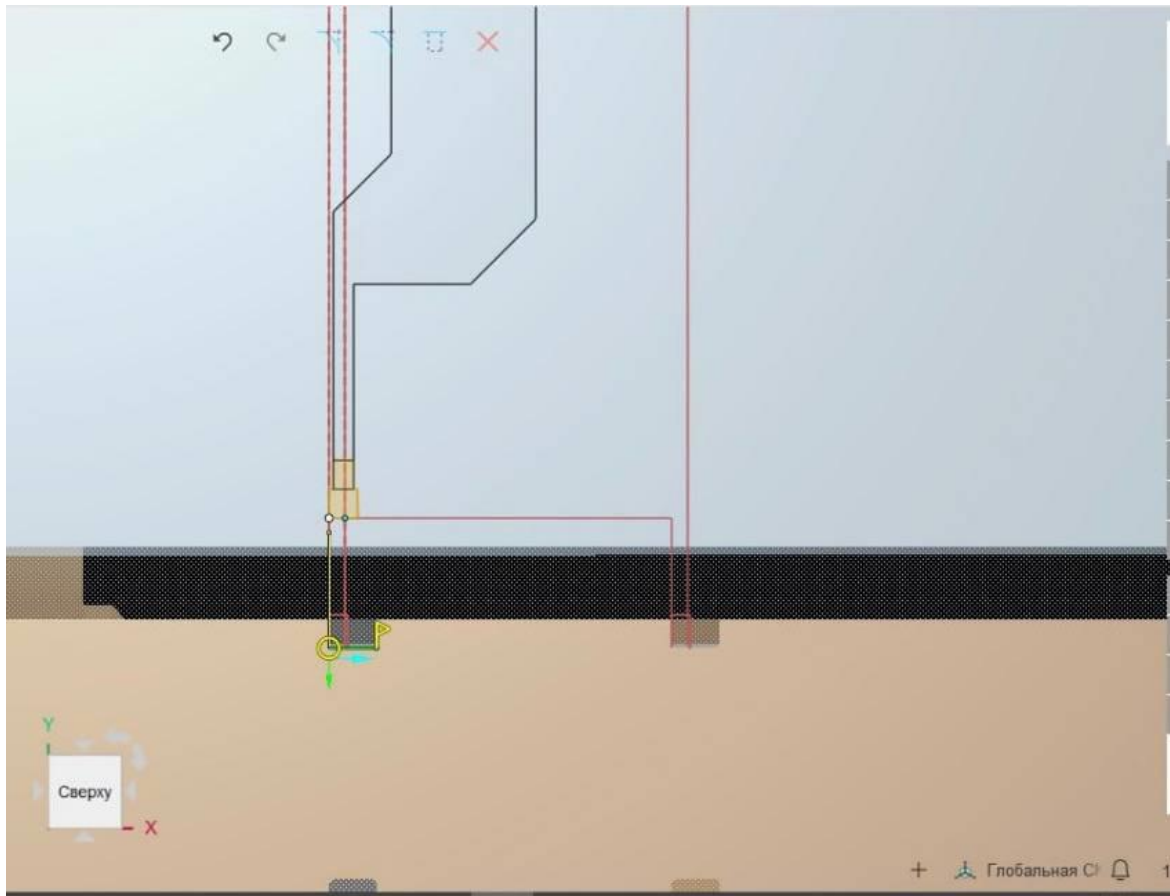


Рис. 5.7 - Точіння канавок

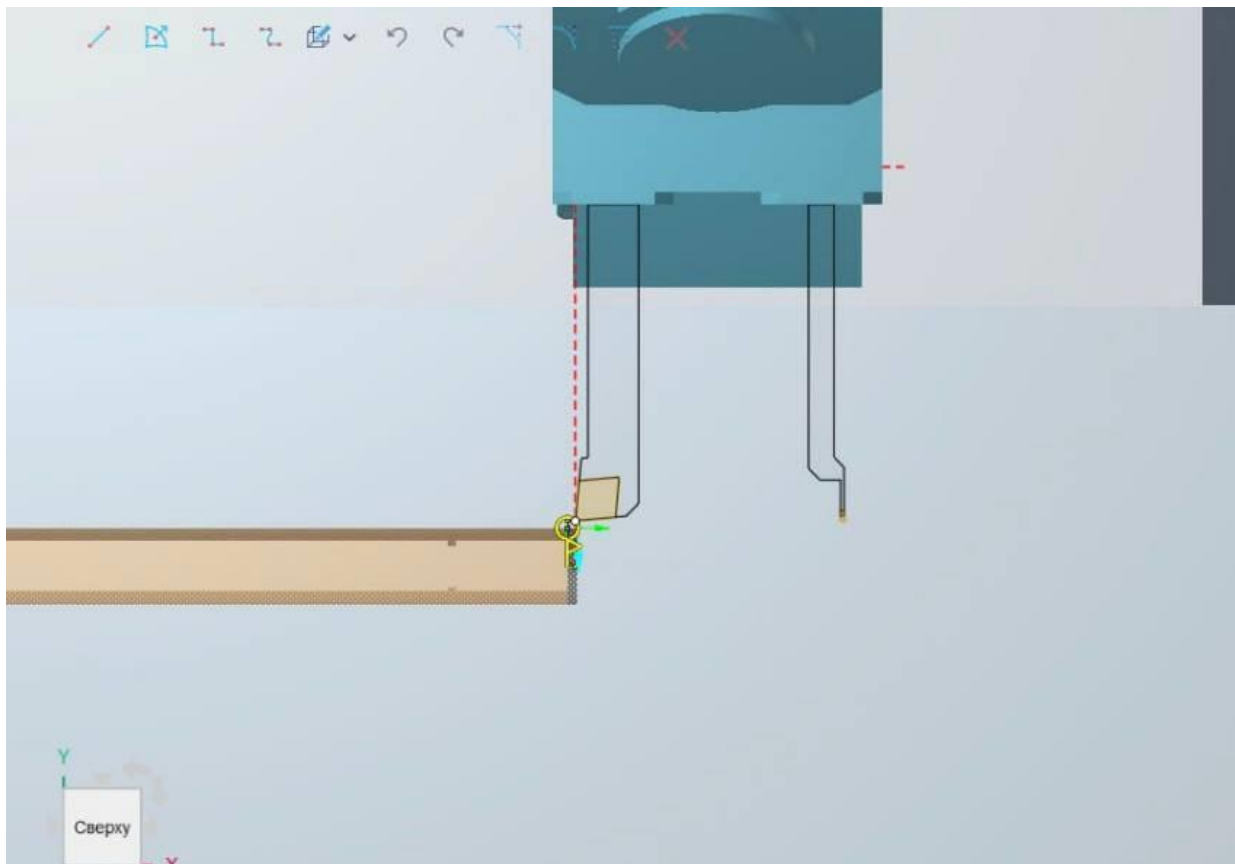


Рис. 5.8 - Підрізання торця 2

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		40

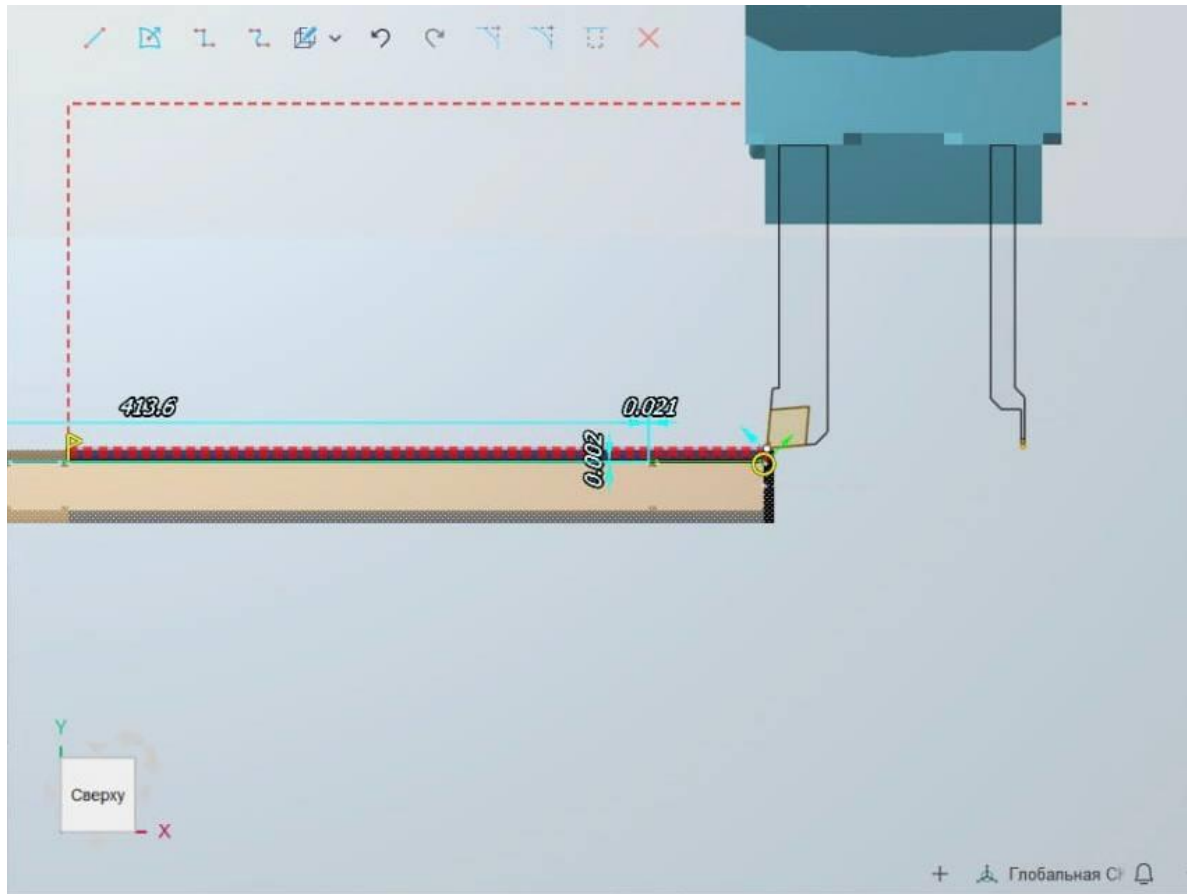


Рис. 5.9 - Зовнішнє чорнове обточування 2

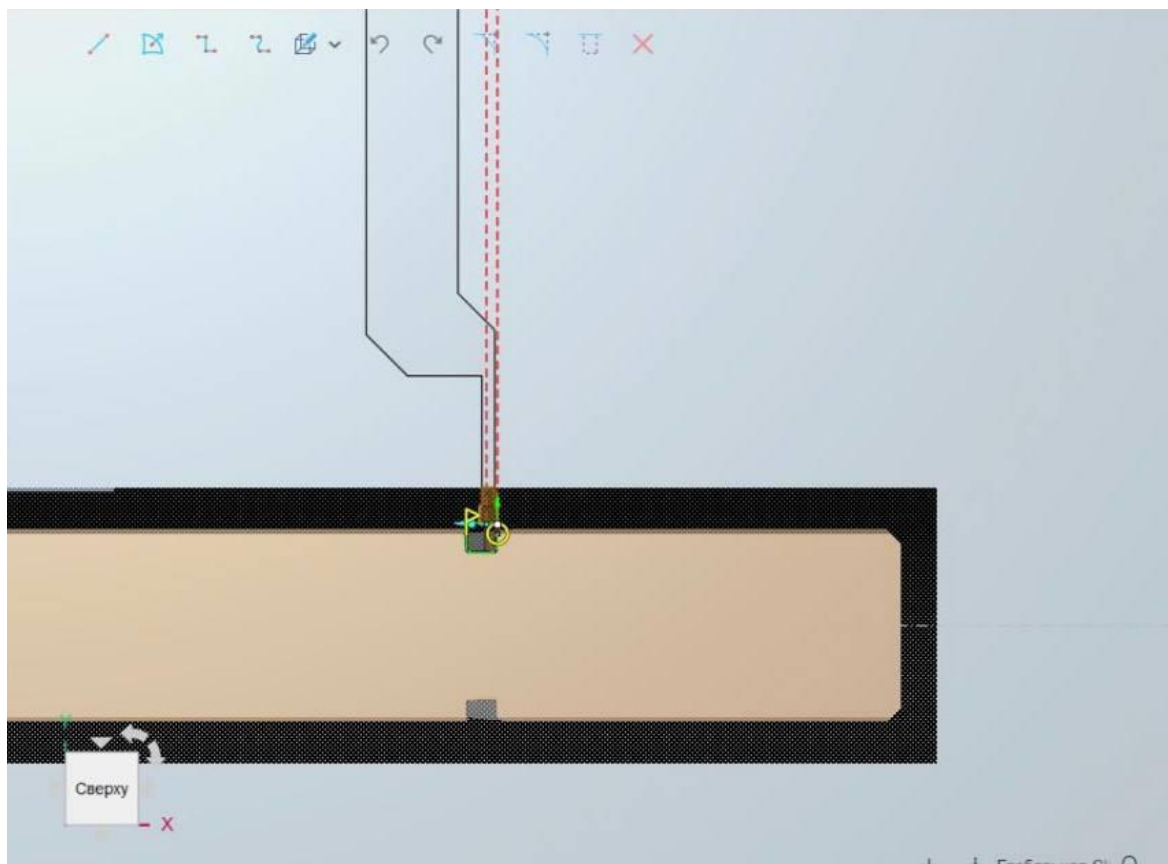


Рис. 5.10 - Точіння канавок 2

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По	БР-ПМ-41.00.000 ПЗ				

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено комплексну технологічну документацію для виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020» в умовах середньосерійного виробництва з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Проведено детальний аналіз призначення та конструктивних особливостей деталі, встановлено вимоги до точності обробки та її технологічності. Обґрунтовано вибір заготівлі, маршрут механічної обробки, режими різання, припуски, базування та технічне нормування кожного переходу. Спроектовано конструкцію призматичного пристрою, здійснено силовий розрахунок його затискного механізму, а також підібрано необхідне технологічне оснащення, зокрема ріжучий інструмент та допоміжні засоби. На основі технологічної схеми обробляння створено керуючу програму для верстатів з ЧПК у форматі G-коду, яка дозволяє автоматизувати обробляння даної деталі.

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		

## ЛІТЕРАТУРА

1. Панов В.І. Технологія машинобудування. — Харків: ХНАДУ, 2020. — 400 с.
2. Швець С.О. Основи програмування обробки на верстатах з ЧПК. — Львів: Видавництво ЛНТУ, 2018. — 172 с.
3. ДСТУ EN 10020:2019. Сталь. Класифікація за основними якісними характеристиками. — [Чинний від 2020-01-01].
4. Кириченко О.В. Проектування технологічних процесів механічної обробки. — Київ: Вища школа, 2016. — 296 с.
5. ДСТУ EN 10060:2016. Прокат сталевий круглий гарячекатаний. Допуски, розміри і форма. — [Чинний від 2017-01-01].
6. Паламарчук В.П. Технологія машинобудування. Частина 2. Механічна обробка. — Вінниця: ВНТУ, 2020. — 328 с.
7. Зайцев Ю.П. Проектування пристроїв. — Львів: Афіша, 2009. — 280 с.
8. ДСТУ ISO 1502:2005. Різьби. Калібри. Принципи проектування. — [Чинний від 2006-01-01].
9. ДСТУ ISO 6983-1:2009. Автоматизовані системи. Формати керуючих програм для ЧПК. — [Чинний від 2010-01-01].
10. Панчук В. Г. Бакалаврська робота: методичні вказівки/ В. Г. Панчук, Р.Т. Карпик, В.В. Врюкало, З.М. Одосій. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2021. 50 с.
11. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові данні (1 файл: 10,2 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
12. Офіційний каталог DMG MORI. — Режим доступу: <https://www.dmgmori.com> (дата звернення: 30.05.2025)
13. Офіційний каталог Pilous. — Режим доступу: <https://www.pilous.cz> (дата звернення: 30.05.2025)

					БР-ПМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	По		

14. Каталог інструменту Kennametal. — Режим доступу:  
<https://www.kennametal.com> (дата звернення: 30.05.2025)
15. Samchully. **HS-05 / HS-06 / HS-08 [PDF]**. Режим доступу:  
<https://www.samchully.com/data/kor/pdf/HS.pdf> (дата звернення: 30.05.202

					БР-ПІМ-41.00.000 ПЗ	Арк.
Змі.	Арк.	№ докум.	Підп	По		44

## **ДОДАТКИ**

Установ 1

%

O1

( Generated by CAM )

( Date: 02.06.2025 )

( Time: 21:45 )

( Tools list )

( T02 IC16 Re0.2 R)

( T06 IC16 Re0.2 R)

( T08 La2 Re0.2 R)

( T10 IC16 Re0.2 R)

N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40

N2 G53 Z0.

N3 G53 B0.C0.

N4

N5 G53 Z0.

N6 T2 M06 (IC16 Re0.2 R)

N7 S150 M04

N8 G00 G43 Z3.1 H2

N9 X17.8

N10 Y0.

N11 Z0.

N12 G01 X-0.24 F1 M08

N13 Z2.8

N14 G00 Z3.1

N15 X17.8

N16

N17 G00 G43 Z0.676 H2

N18 X15.1

N19 X14.1

N20 G01 Z-191.681

N21 X15.1

N22 X15.4 Z-191.381

N23 G00 Z0.676

N24 X13.1

N25 G01 Z-191.681

N26 X14.1

N27 X14.4 Z-191.381

N28 G00 Z0.676

N29 X12.1

N30 G01 Z-191.681

N31 X13.1

N32 X13.4 Z-191.381

N33 G00 Z0.676

N34 X11.1

N35 G01 Z-29.1

N36 X11.304

N37 Z-147.8

N38 X11.302 Z-151.28

N39 Z-171.5

N40 X11.3 Z-174.98

N41 Z-191.681

N42 X12.1

N43 X12.4 Z-191.381

N44 G00 Z0.676

N45 X10.1

N46 G01 Z-29.1

N47 X11.1

N48 X11.4 Z-28.8  
N49 G00 Z0.676  
N50 X9.1  
N51 G01 Z-29.1  
N52 X10.1  
N53 X10.4 Z-28.8  
N54 G00 Z0.676  
N55 X8.1  
N56 G01 Z-14.1  
N57 X8.3  
N58 Z-29.1  
N59 X9.1  
N60 X9.4 Z-28.8  
N61 G00 Z0.676  
N62 X7.1  
N63 G01 Z-14.1  
N64 X8.1  
N65 X8.4 Z-13.8  
N66 G00 Z0.676  
N67 X6.949  
N68 G01 X6.3 Z0.027  
N69 Z-14.1  
N70 X7.1  
N71 X7.4 Z-13.8  
N72 G00 Z0.376  
N73 X6.649  
N74 G01 X6. Z-0.273  
N75 Z-14.4  
N76 X8.  
N77 Z-29.4  
N78 X11.004  
N79 Z-148.1  
N80 X11.002 Z-151.58  
N81 Z-171.8  
N82 X11. Z-175.28  
N83 Z-191.981  
N84 X14.8  
N85 G00 M09  
N86 G28 U0.  
N87 G28 W0.  
  
N88  
N89 G53 Z0.  
N90 T6 M06  
N91 S150 M04  
N92 G00 G43 Z3. H6  
N93 X4.7  
N94 Y0.  
N95 G01 X4.641 Z-0.059 F1 M08  
N96 X5.7 Z-1.117  
N97 Z-15.  
N98 X7.  
N99 Z-30.  
N100 X10.  
N101 Z-189.2  
N102 X12.121 Z-191.121  
N103 M09  
N104 G00 G28 U0.  
N105 G28 W0.

N106  
N107 G53 Z0.  
N108 T10 M06  
N109 S150 M04  
N110 G00 G43 Z0.017 H10  
N111 X8.8  
N112 Y0.  
N113 X4.782  
N114 Z-14.783 M08  
N115 X7.282  
N116 X8.8  
N117 Z-0.035  
N118 X4.691  
N119 Z-14.835  
N120 X7.191  
N121 X8.8  
N122 Z0.005  
N123 X4.622  
N124 Z-14.795  
N125 X7.122  
N126 X8.8  
N127 Z-0.029  
N128 X4.564  
N129 Z-14.829  
N130 X7.064  
N131 X8.8  
N132 Z0.001  
N133 X4.512  
N134 Z-14.799  
N135 X7.012  
N136 X8.8  
N137 Z-0.028  
N138 X4.462  
N139 Z-14.828  
N140 X6.962  
N141 X8.8  
N142 Z0.001  
N143 X4.412  
N144 Z-14.799  
N145 X6.912  
N146 X8.8  
N147 Z-0.028  
N148 X4.362  
N149 Z-14.828  
N150 X6.862  
N151 X8.8  
N152 Z0.001  
N153 X4.312  
N154 Z-14.799  
N155 X6.812  
N156 X8.8  
N157 Z0.  
N158 X4.31  
N159 Z-14.8  
N160 X6.81  
N161 X8.8  
N162 Z0.  
N163 X4.3  
N164 Z-14.8  
N165 X6.8  
N166 X8.8  
N167 Z0.

N168 X4.3  
N169 Z-14.8  
N170 X6.8  
N171 X8.8  
N172 Z0.  
N173 M09  
N174 G28 U0.  
N175 G28 W0.

N176  
N177 G53 Z0.  
N178 T8 M06  
N179 S150 M04  
N180 G00 G43 Z-175. H8  
N181 X17.  
N182 Y0.  
N183 X10.299  
N184 G01 X8. F1 M08  
N185 G00 X10.299  
N186 Z-173.7  
N187 G01 X8.  
N188 X8.2 Z-173.9  
N189 G00 X17.  
N190  
N191 G00 G43 Z-151.3 H8  
N192 X10.299  
N193 G01 X8.  
N194 G00 X10.299  
N195 Z-150.  
N196 G01 X8.  
N197 X8.2 Z-150.2  
N198 G00 X17.  
N199 M09  
N200 M05  
N201 G28 U0.  
N202 G28 W0.  
M30

УСТВНОВ 2  
%  
O1

( Generated by CAM )  
( Date: 02.06.2025 )  
( Time: 21:58 )

( Tools list )  
( T02 IC16 Re0.2 R Prohodnoi tool )

N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40  
N2 G53 Z0.  
N3 G53 B0.C0.

N4 ( Obrabotka torca 1 )  
N5 G53 Z0.  
N6 T2 M06 (IC16 Re0.2 R Prohodnoi tool)  
N7 S150 M04  
N8 G00 G43 Z464.1 H2  
N9 X17.8  
N10 Y0.  
N11 Z461.

N12 G01 X-0.24 F1 M08  
N13 Z463.8  
N14 G00 Z464.1  
N15 X17.8  
N16 ( Naruzhn. chernovoe tochenie 1 )  
N17 G00 G43 Z462.28 H2  
N18 X15.4  
N19 X14.4  
N20 G01 Z175.4  
N21 X15.4  
N22 X15.7 Z175.7  
N23 G00 Z462.28  
N24 X13.4  
N25 G01 Z175.4  
N26 X14.4  
N27 X14.7 Z175.7  
N28 G00 Z462.28  
N29 X12.4  
N30 G01 Z175.4  
N31 X13.4  
N32 X13.7 Z175.7  
N33 G00 Z462.28  
N34 X11.4  
N35 G01 Z175.4  
N36 X12.4  
N37 X12.7 Z175.7  
N38 G00 Z462.28  
N39 X10.4  
N40 G01 Z460.093  
N41 X10.7 Z460.393  
N42 G00 Z462.28  
N43 X9.4  
N44 G01 Z461.093  
N45 X10.4 Z460.093  
N46 X10.7 Z460.393  
N47 G00 Z462.28  
N48 X9.33  
N49 G01 Z461.163  
N50 X9.4 Z461.093  
N51 X9.7 Z461.393  
N52 G00 X10.7  
N53 Z460.393  
N54 G01 X10.4 Z460.093  
N55 X10.8 Z459.693  
N56 Z417.186  
N57 X10.4 Z414.385  
N58 Z414.147  
N59 G18 G03 X10.8 Z413.7 I-0.05 K-0.447  
N60 G01 Z175.4  
N61 X11.4  
N62 X11.7 Z175.7  
N63 G00 Z414.385  
N64 X10.7  
N65 G01 X10.4  
N66 X10.366 Z414.15  
N67 X10.378  
N68 X10.4 Z414.147  
N69 X10.7 Z414.447  
N70 G00 X11.7  
N71 Z461.98  
N72 X9.03  
N73 G01 Z460.863\

N74 X10.5 Z459.393  
N75 Z416.886  
N76 X10.066 Z413.85  
N77 G03 X10.5 Z413.4 I-0.016 K-0.45  
N78 G01 Z175.1  
N79 X15.1  
N80 G00 G28 U0.  
N81 G28 W0.  
N82 ( Naruzhn. obrabotka kanavok 1 )  
N83 G53 Z0.  
N84 T2 M06 (La2 Re0.2 R Kanavochnyi tool)  
N85 M05  
N86 S150 M03  
N87 G00 G43 Z417.1 H2  
N88 X11.  
N89 Y0.  
N90 X10.615  
N91 G01 X9.924 F1  
N92 G00 X10.607  
N93 Z417.  
N94 G01 X8.202  
N95 G00 X10.589  
N96 Z416.803  
N97 G01 X8.  
N98 G00 X11.  
N99 Z415.7  
N100 X10.683  
N101 G01 X8.202  
N102 X8.402 Z415.9  
N103 G00 X11.  
N104 M09  
N105 M05  
N106 G28 U0.  
N107 G28 W0.  
M30

Дубл.														
Взам.														
Оригінал										Зм.	Арк.	№ Докум.	Підпис	Дата
<b>Розроб.</b>	<i>Іванів І. В.</i>			<b>ІФНТУНГ</b>	<b>Вал 0735.401417.020</b>									
<b>Перевір.</b>	<i>Врюкало В. В.</i>													
<b>Затверд.</b>	<i>Панчук В. Г.</i>													
<b>Н.Контр.</b>	<i>Врюкало В. В.</i>			<b>Вал 0735.401417.020</b>									<b>Н</b>	

Кафедра комп'ютеризованого машинобудування

Комплект  
технологічної  
документаціїТехнологічний процес  
механічного оброблення  
Деталі «Вал 0735.401417.020»Розробив Іванів І. В.  
Перевірів Врюкало В. В.

Акт № \_\_\_\_\_ від

ТЛ

Технологічний процес виготовлення деталі «Вал 0735.401417.020»





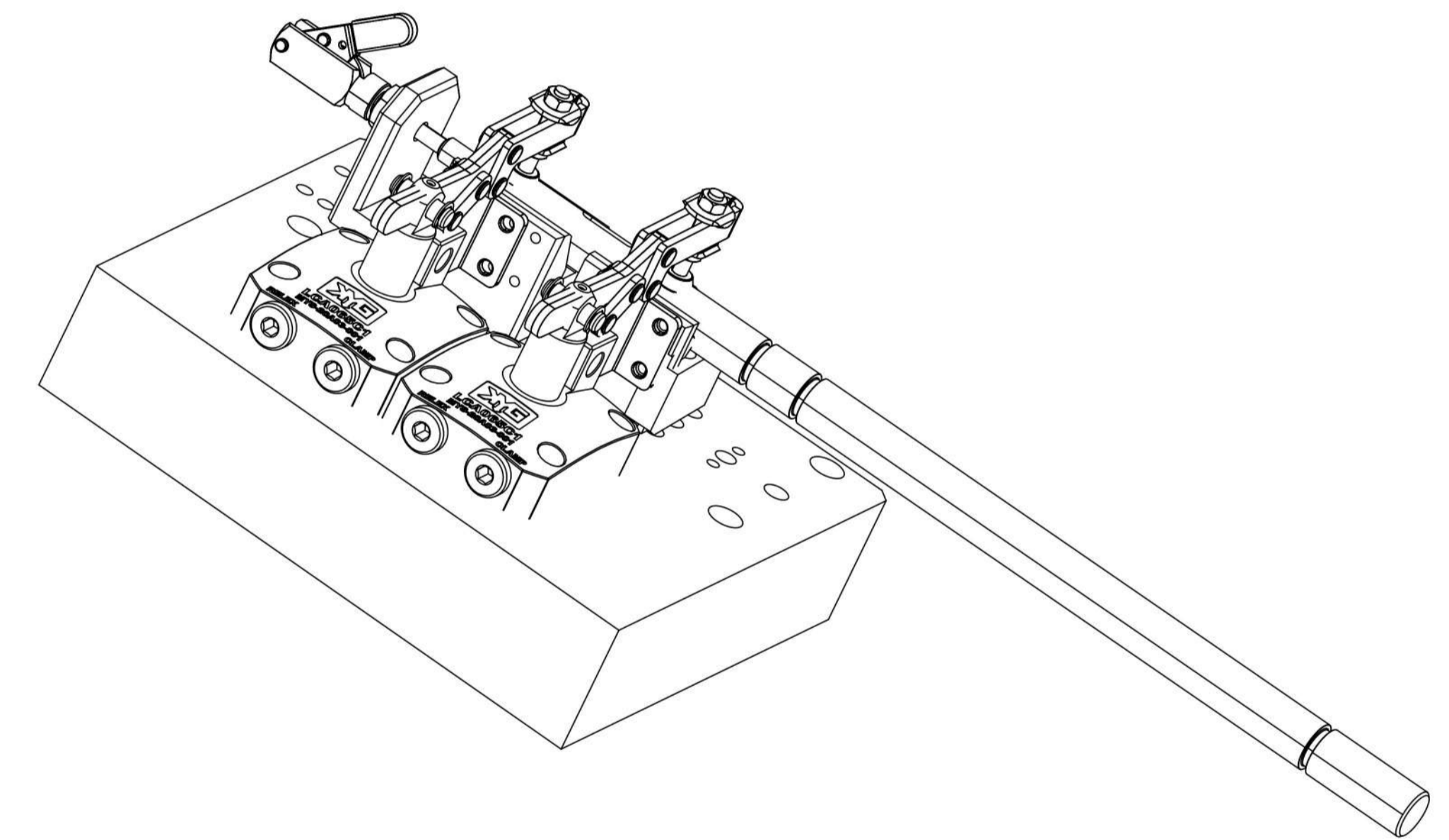
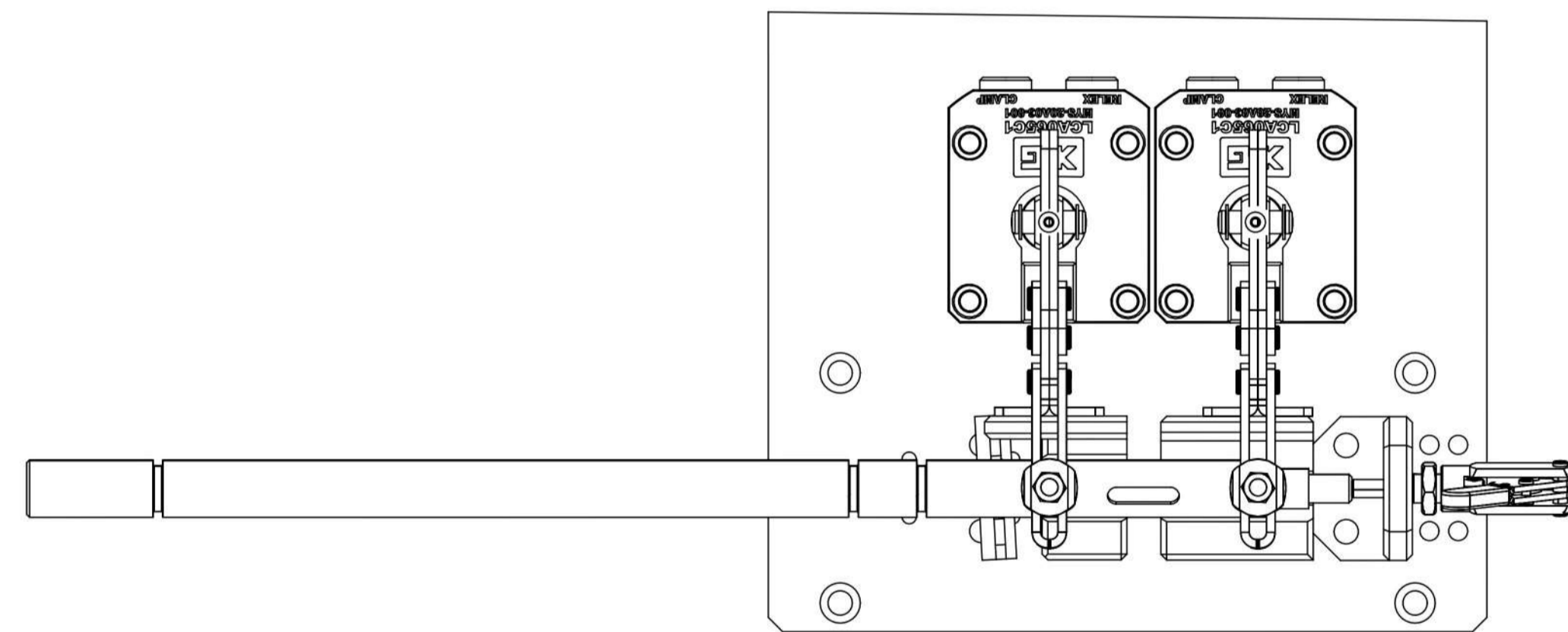
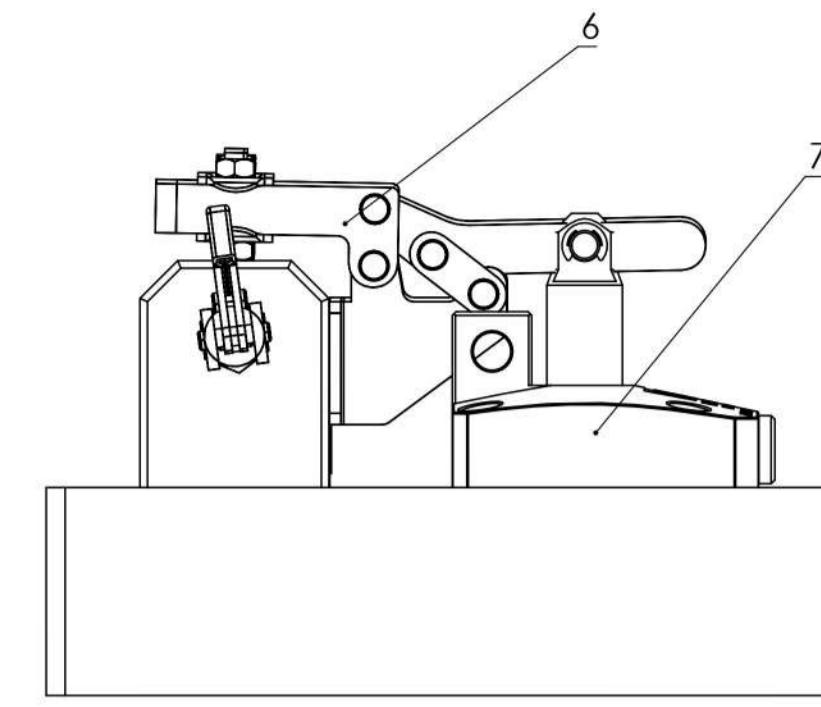
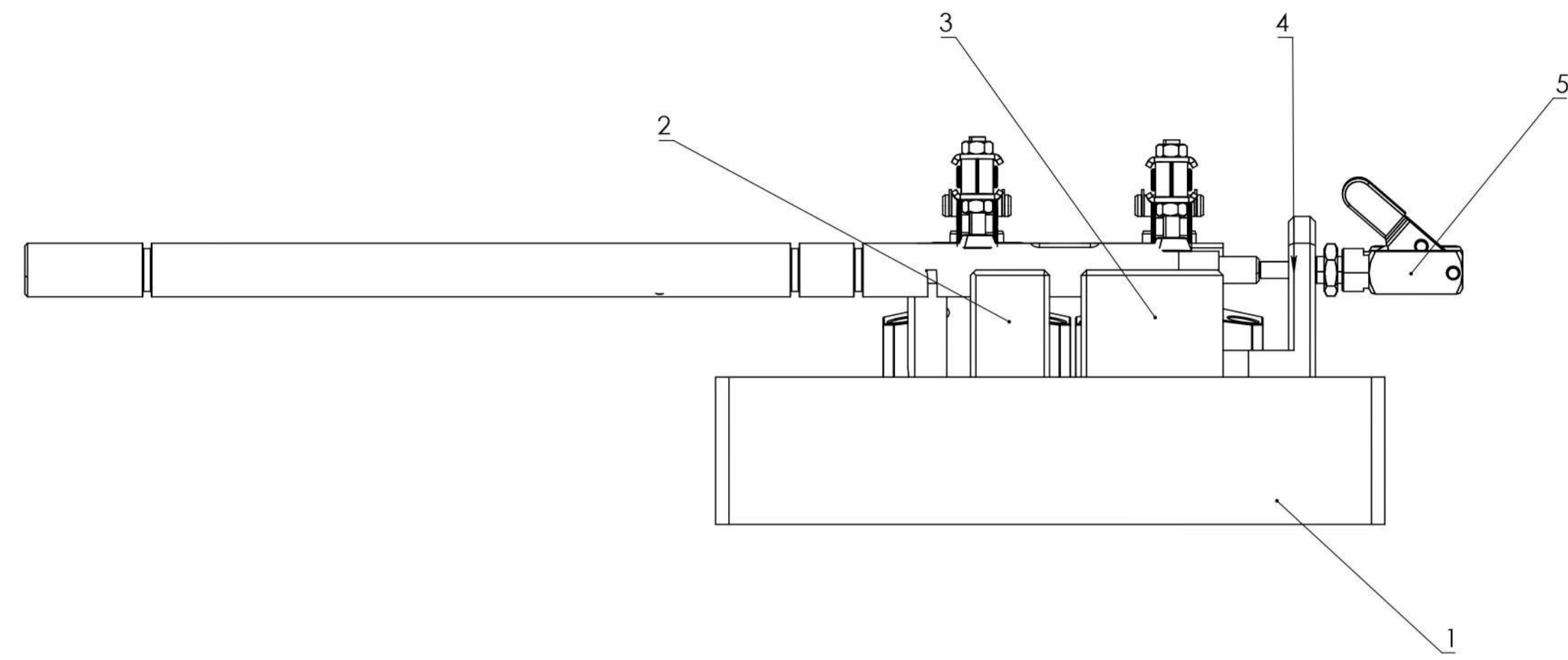








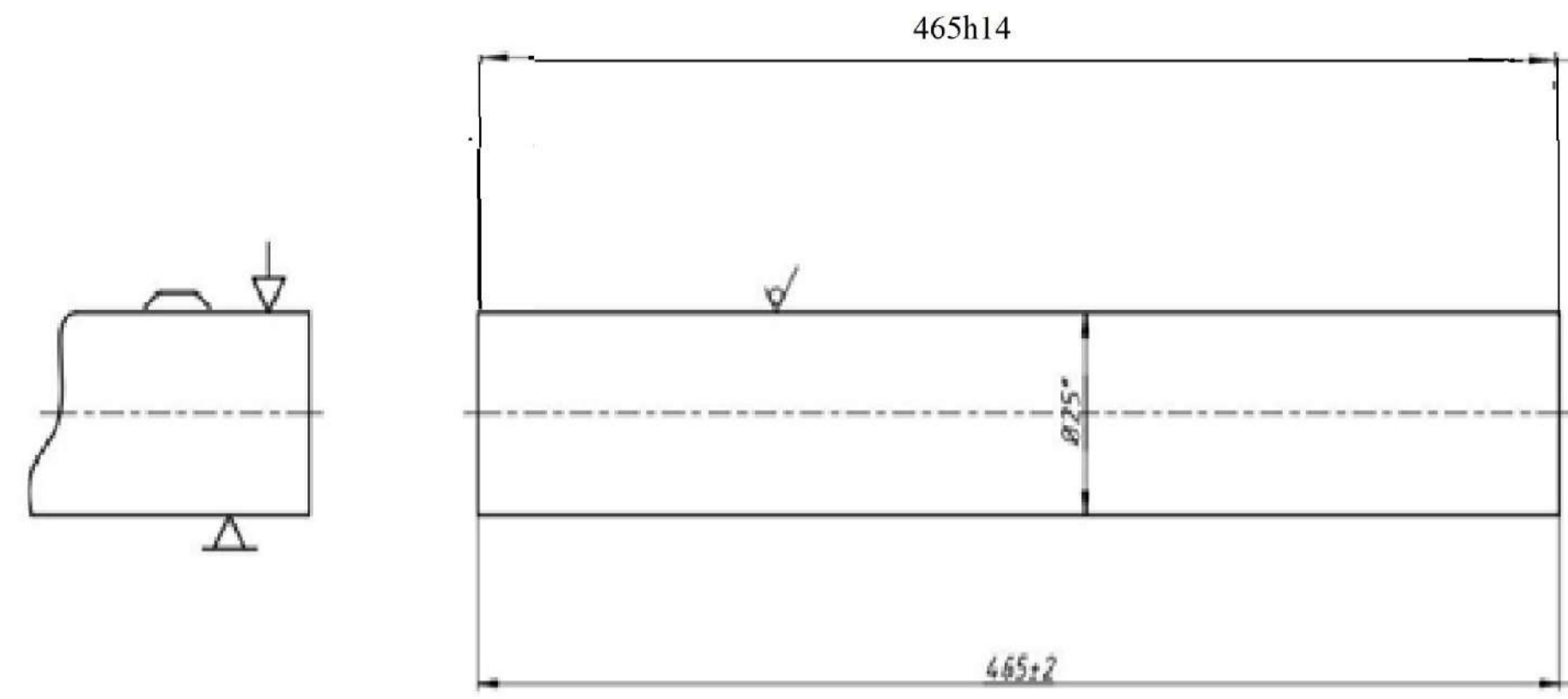




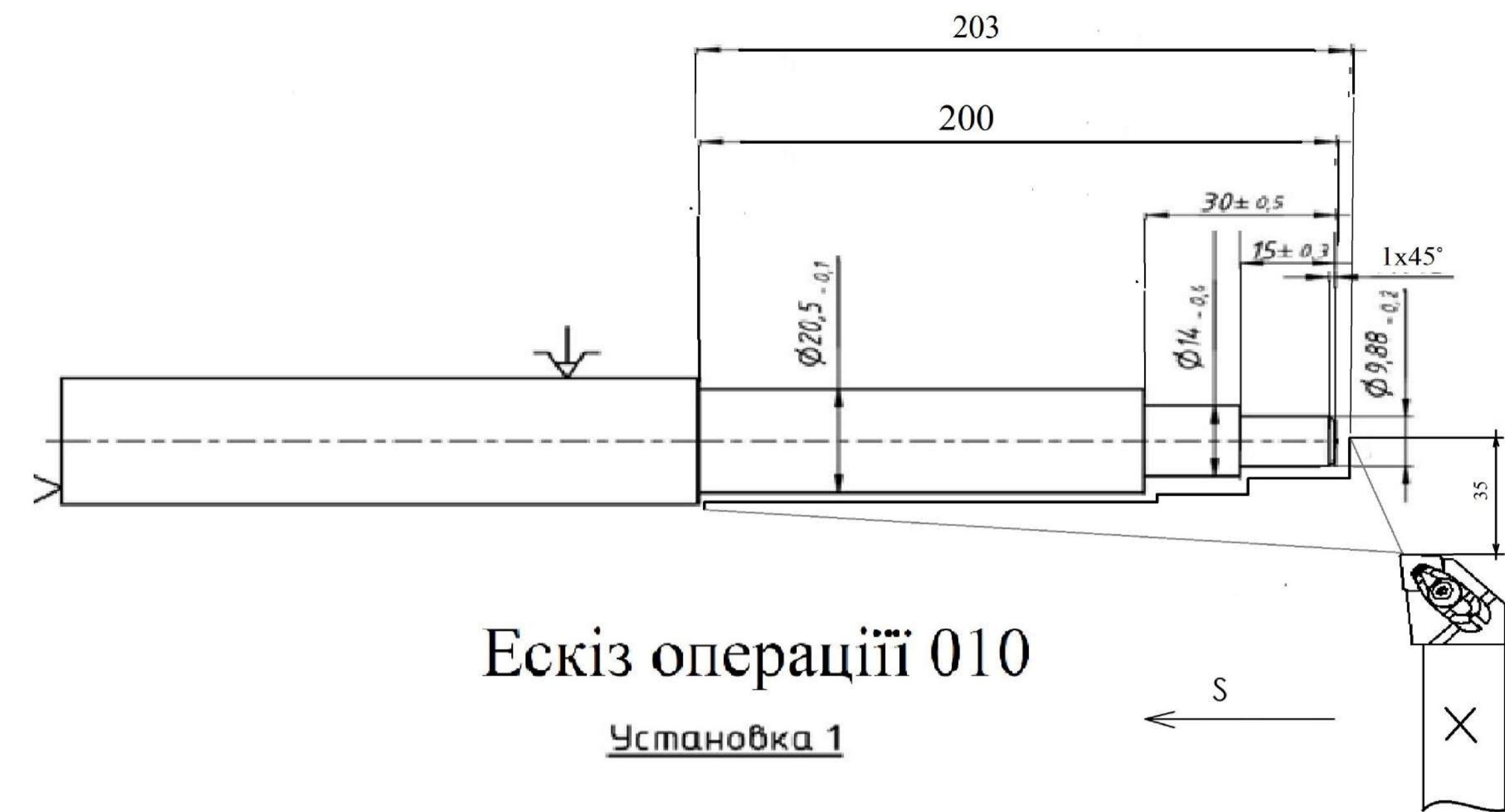
Перв. примен.  
Справ. №

Имя, № подл.  
Подл. и дата  
Взам. инв. №  
Иив. № дубл.  
Подл. и дата

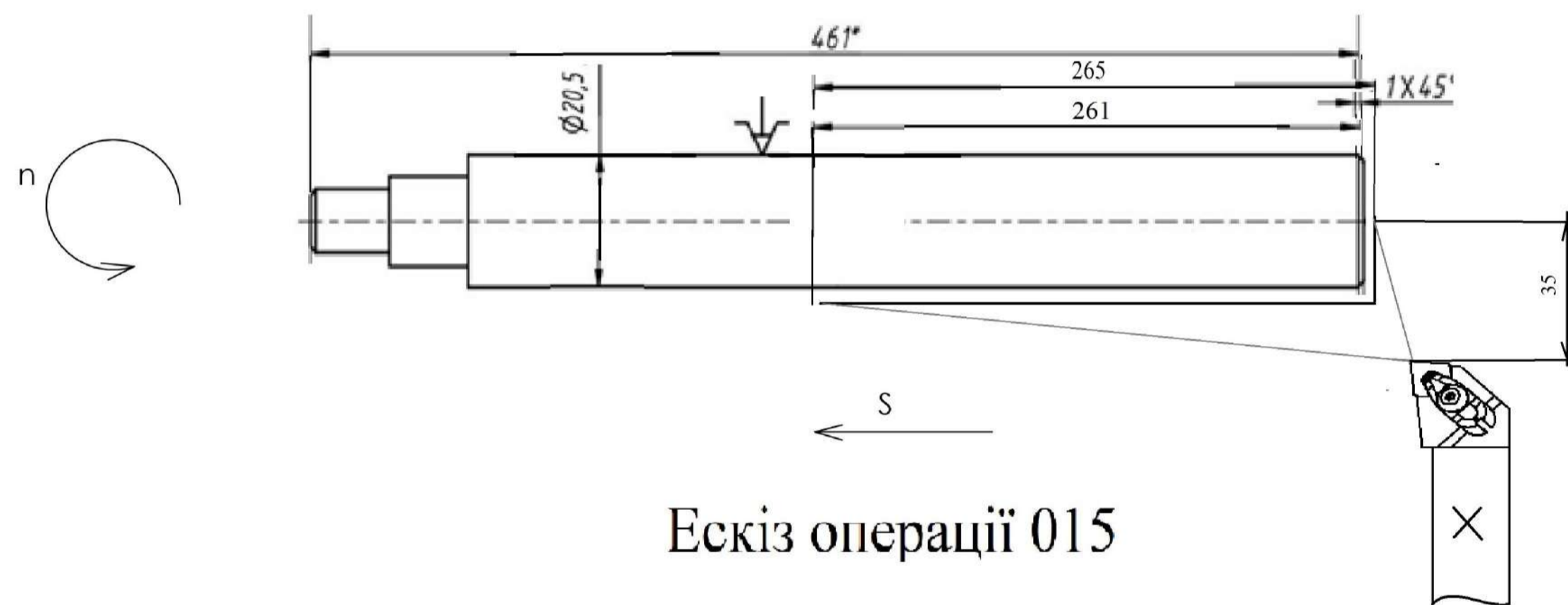
				<b>БР.ПМ-0041.21.02</b>		
Змт./Архив.	№ докум.	Подп.	Дата	Пристій для механічного оброблення шпонкового пазу на фрезерному верстаті		
Розроб.	І. Іванів					
Перев.	В. Врюкало			Літ.	Маса	Масштаб
Т. контр.				Н		1:5
Реценз.				Архив	Архивів	1
Н. контр.	В. Врюкало			ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Затверд.	В. Панчук					



Ескіз операції 005

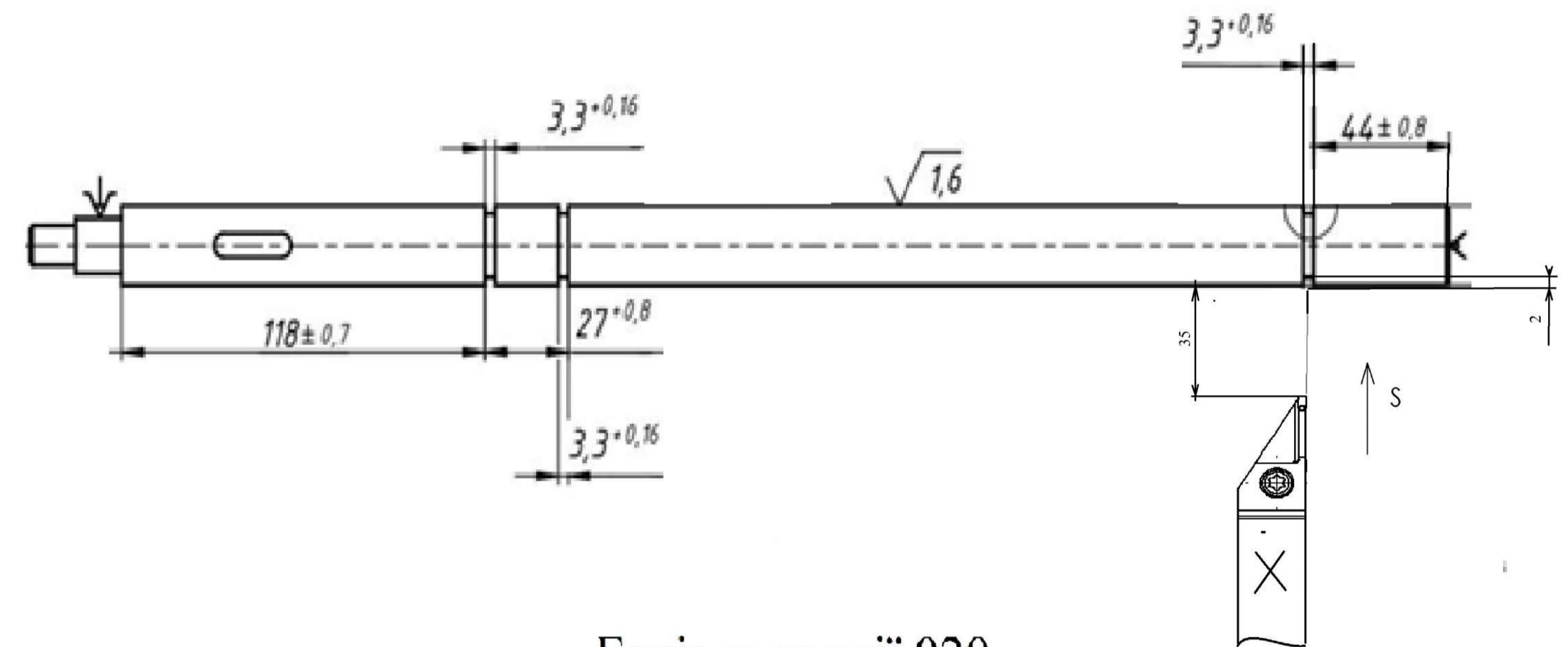


Ескіз операції 010  
Установка 1

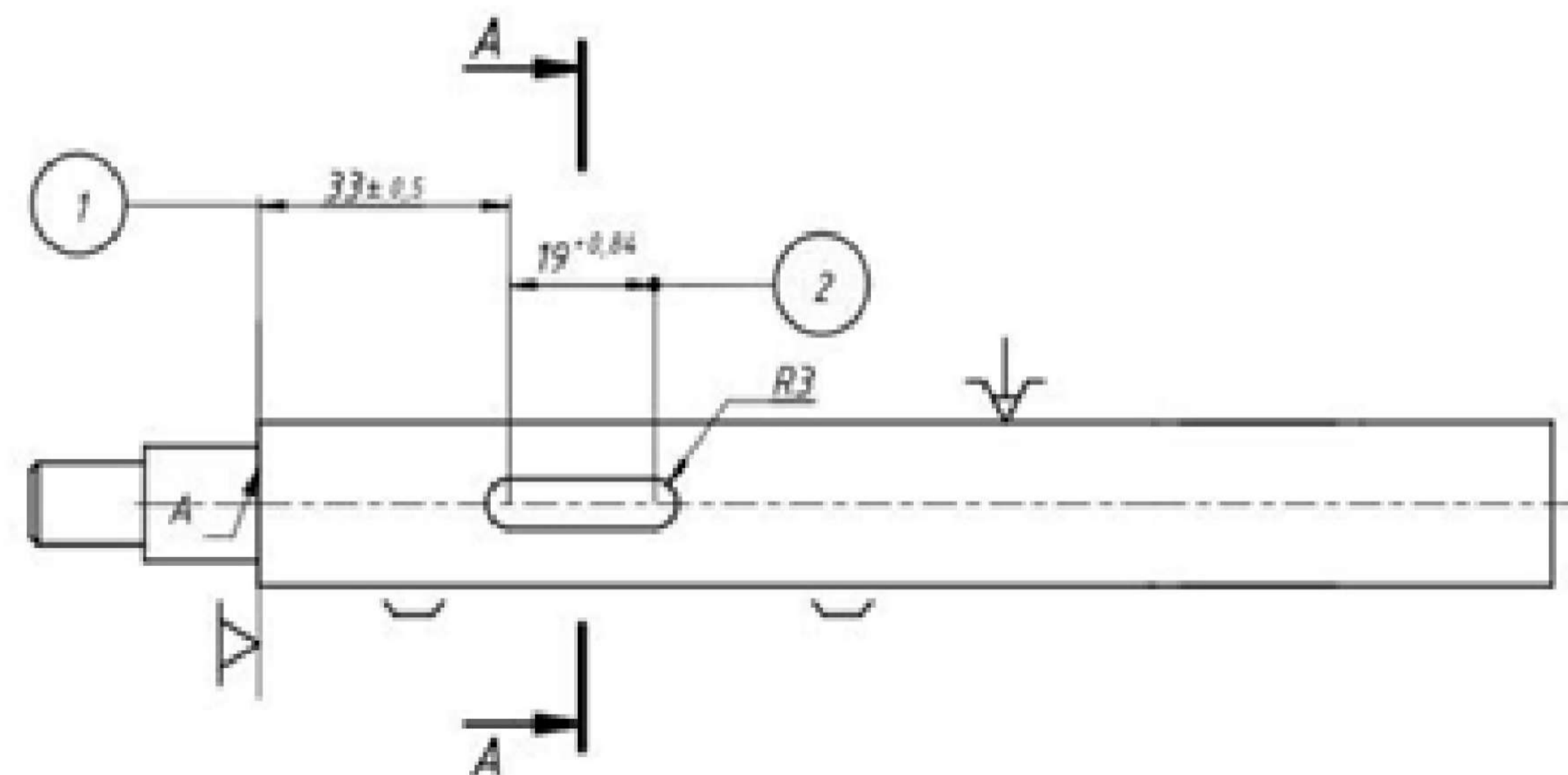


Ескіз операції 015

Установка 2



Ескіз операції 020



Ескіз операції 025

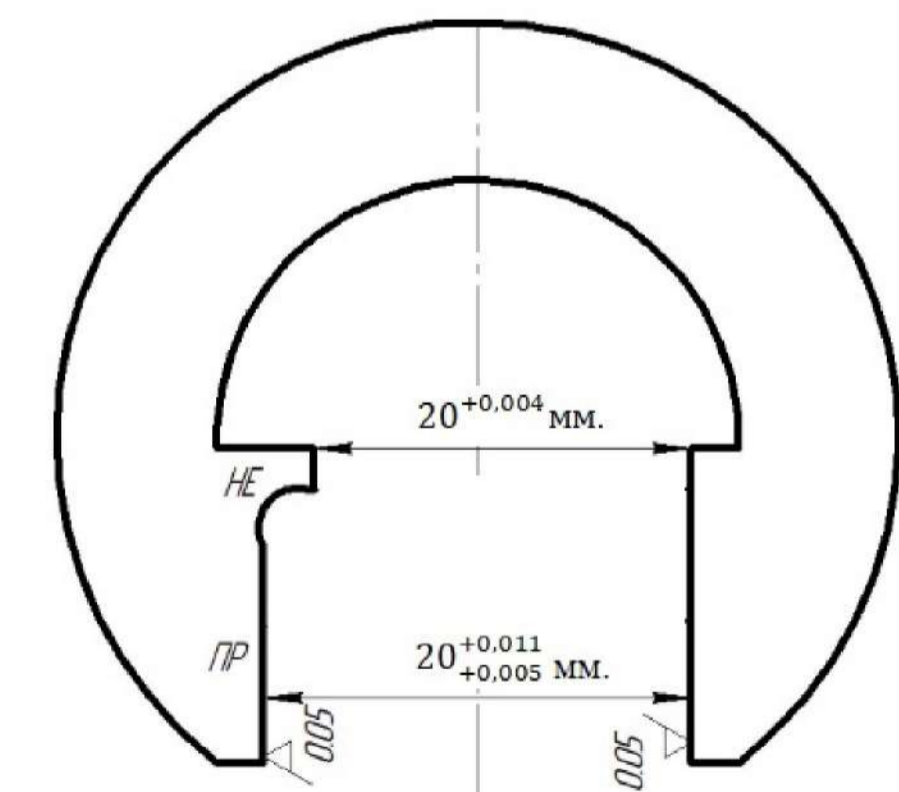


Рис. Ескіз калібру скоби для перевірки діаметру 20

БР.ПМ-0041.21.02				Літ.	Маса	Масштаб
Зм.	Аркуш	№ докум.	Позп.	Дата	Поопераційні ескізи механічного оброблення	
Розроб.	І. Іванів				Н	
Перев.	В. Врюкало				Аркуш	Аркушів 1
Т. контр.						
Реценз.						
Н. контр.	В. Врюкало				ІФНТУНГ ПМ-21-1	
Затверд.	В. Панчук				Формат	

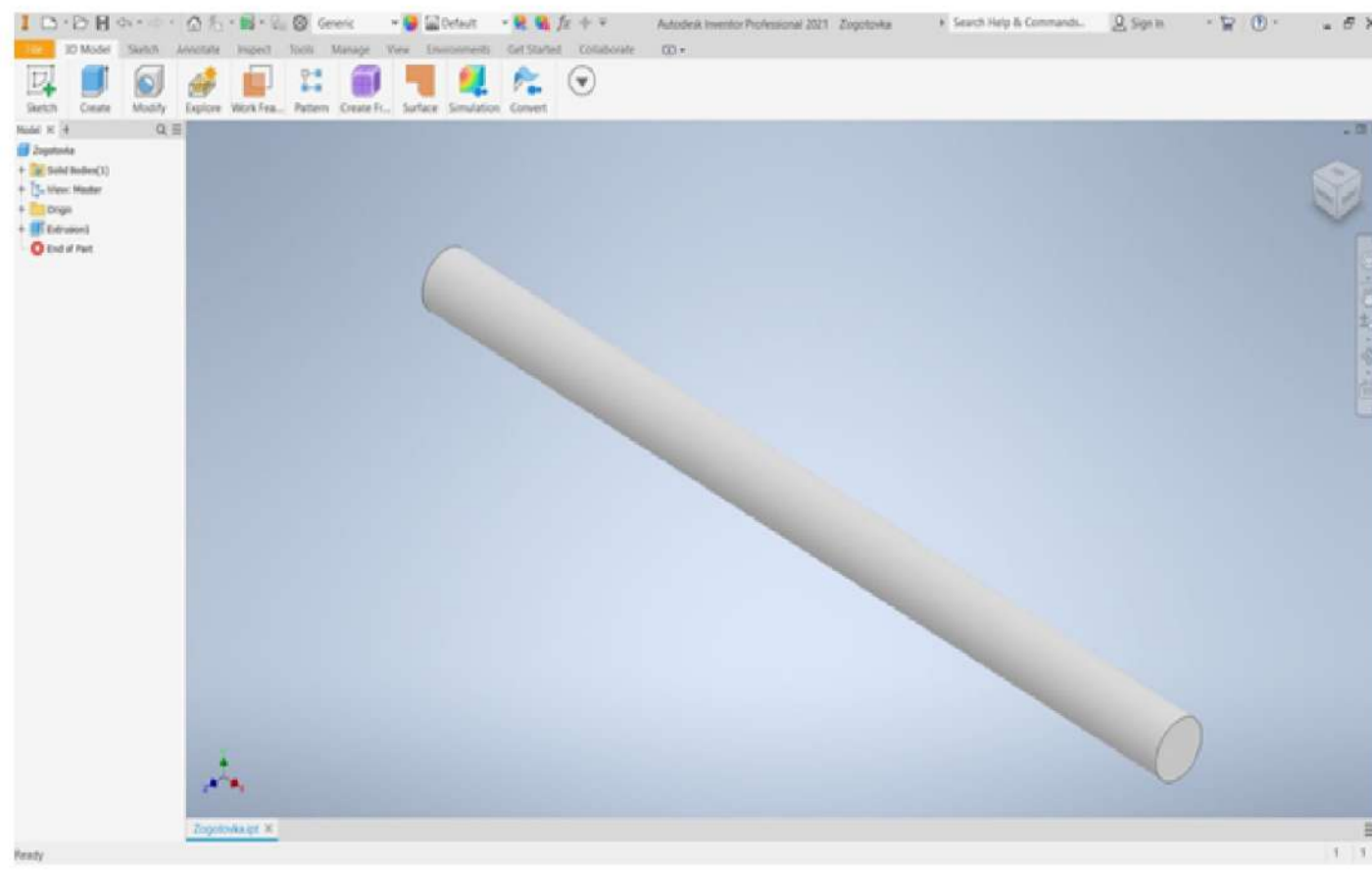


Рис. 1 3D-модель заготовки

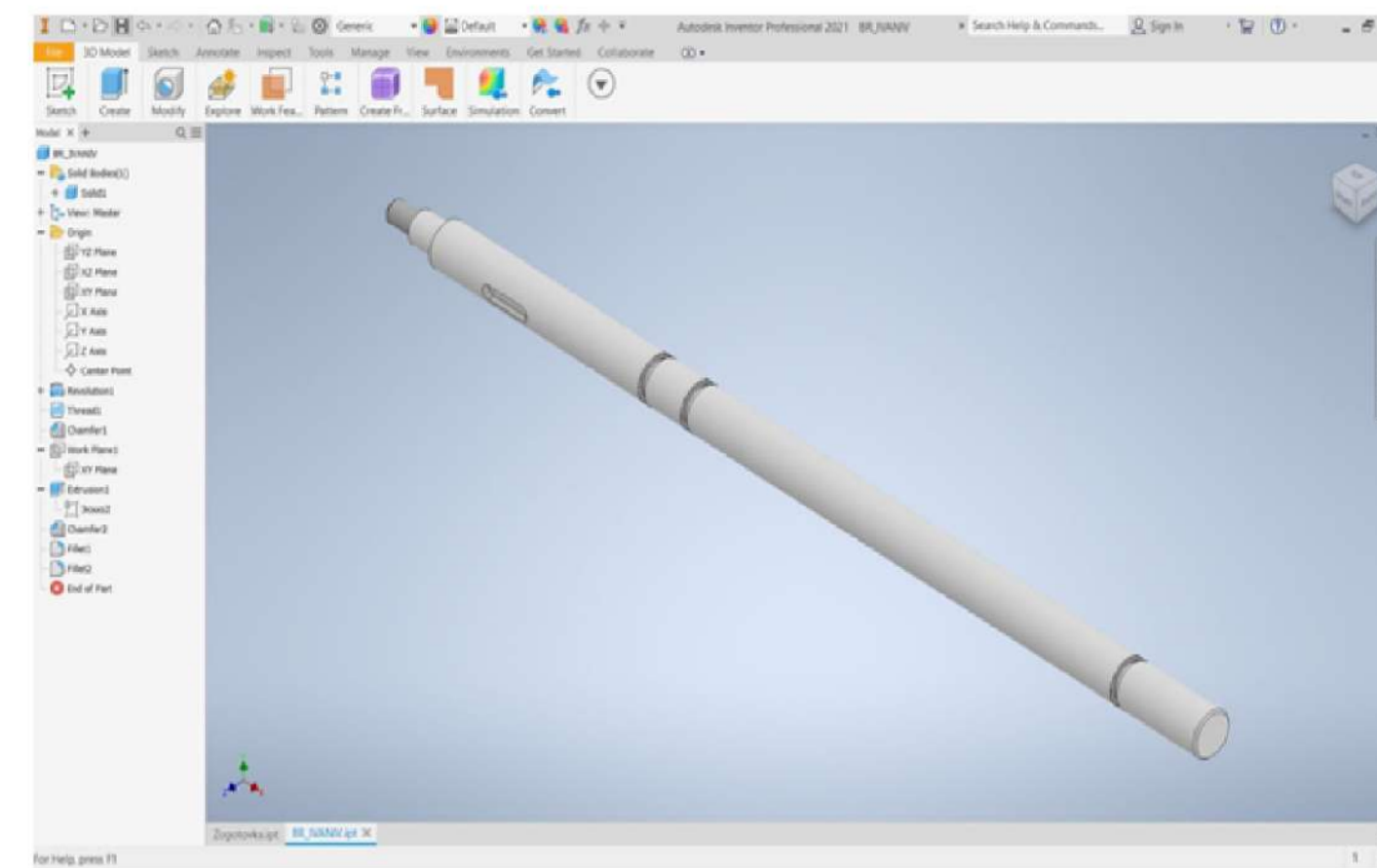


Рис.2 3D-модель деталі

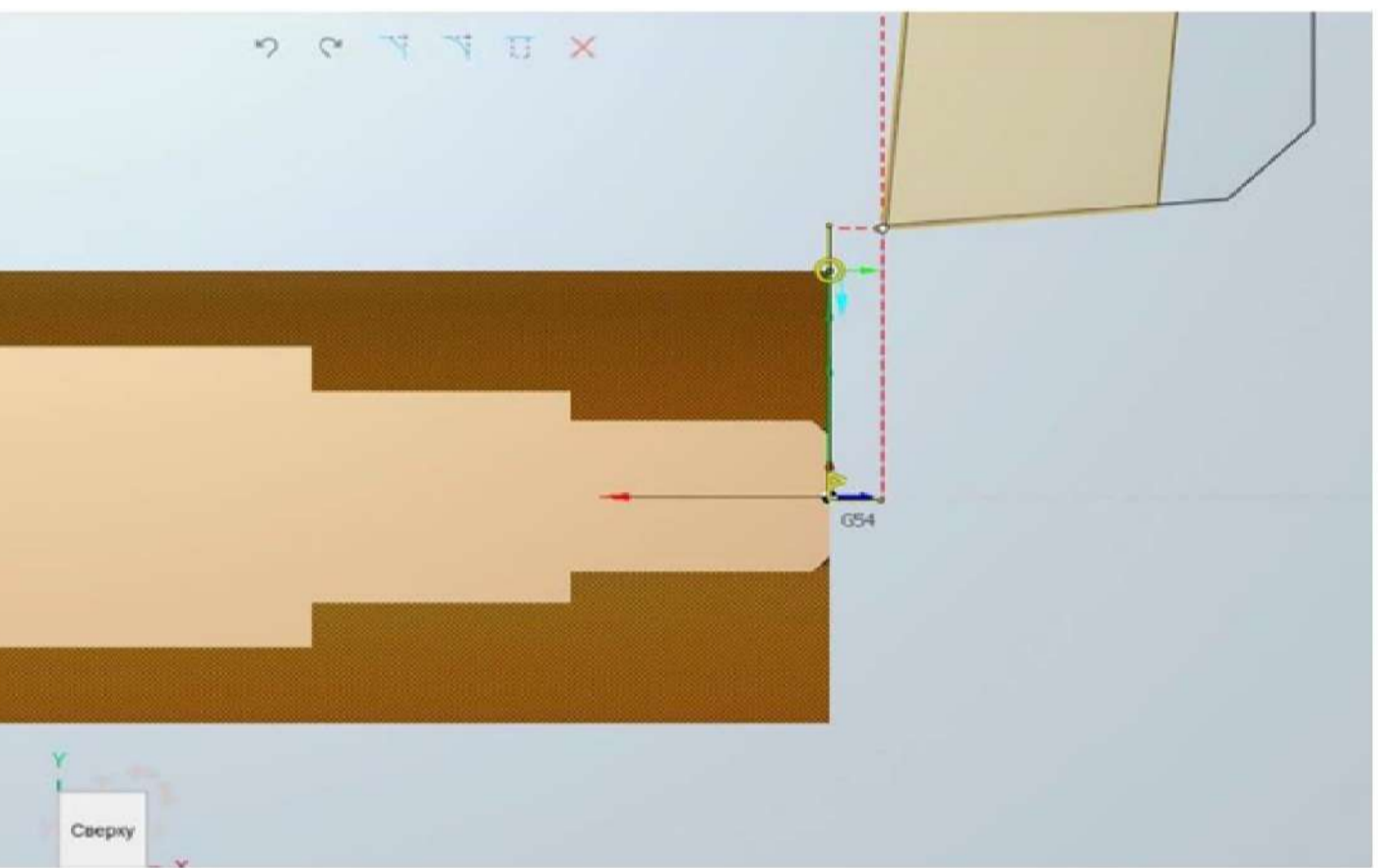


Рис.3 Підрізання троя

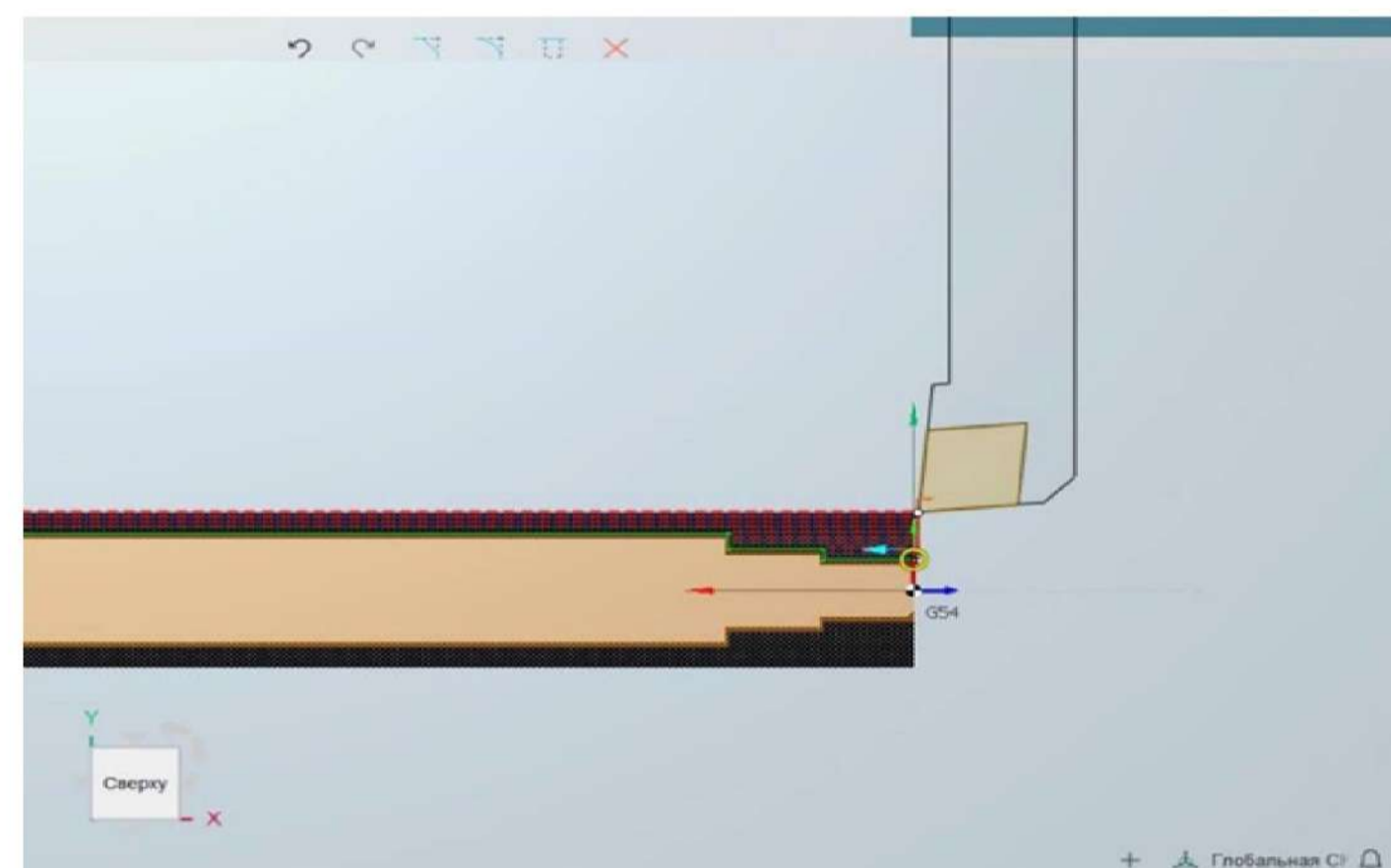


Рис.4 Зовнішнє чорнове обточування

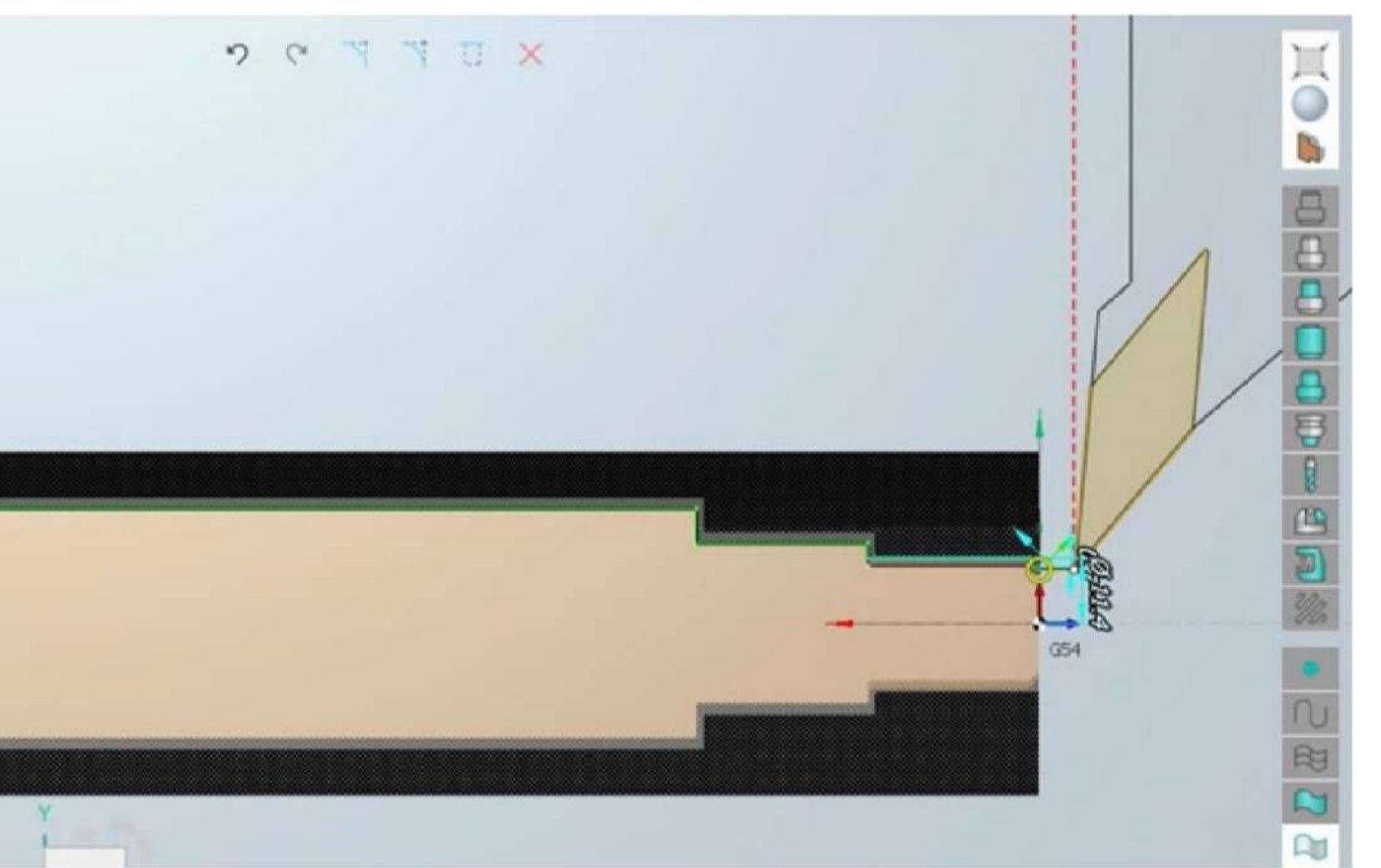


Рис.5 Зовнішнє чистове обточування



Рис.6 Нарізання різі

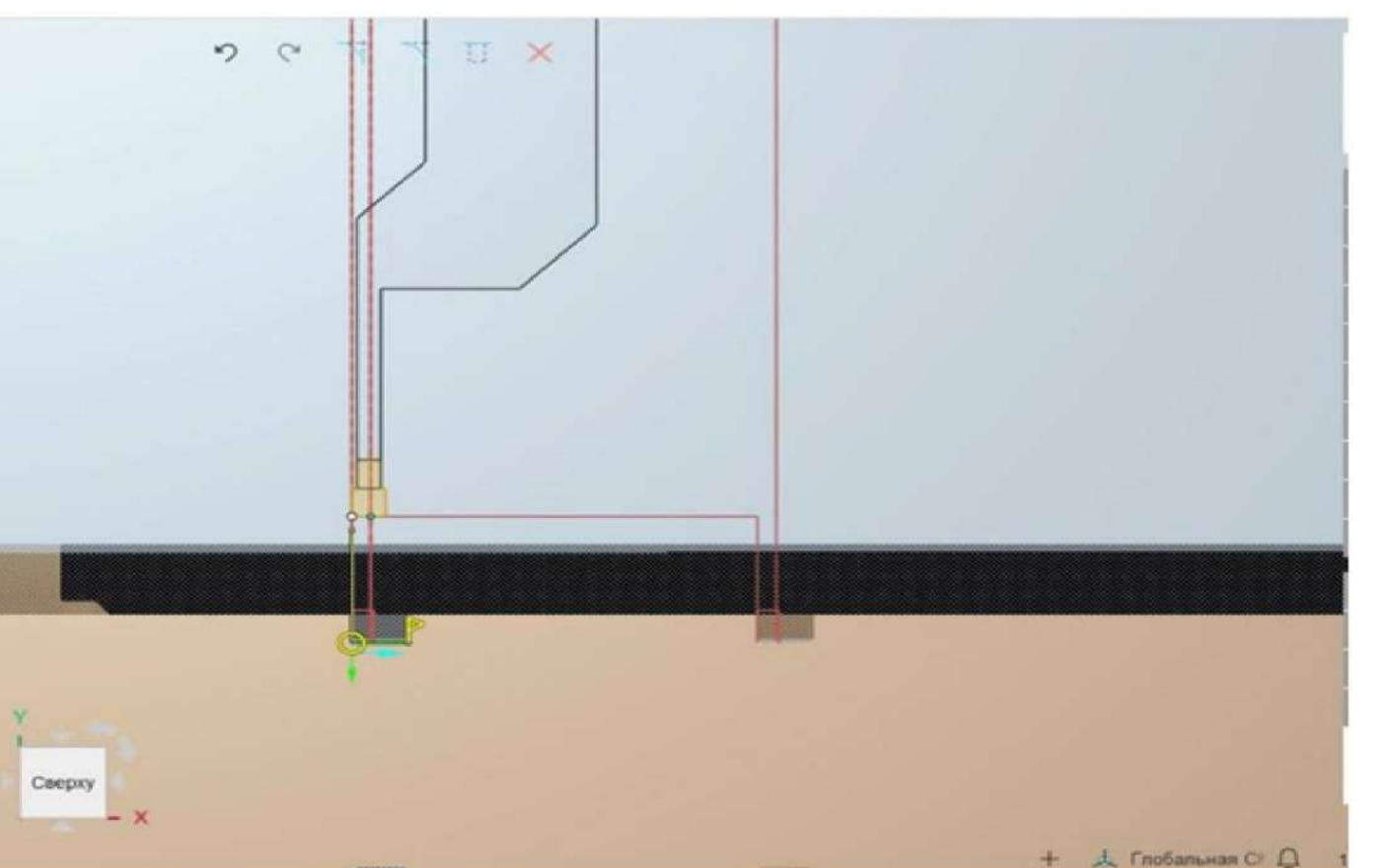
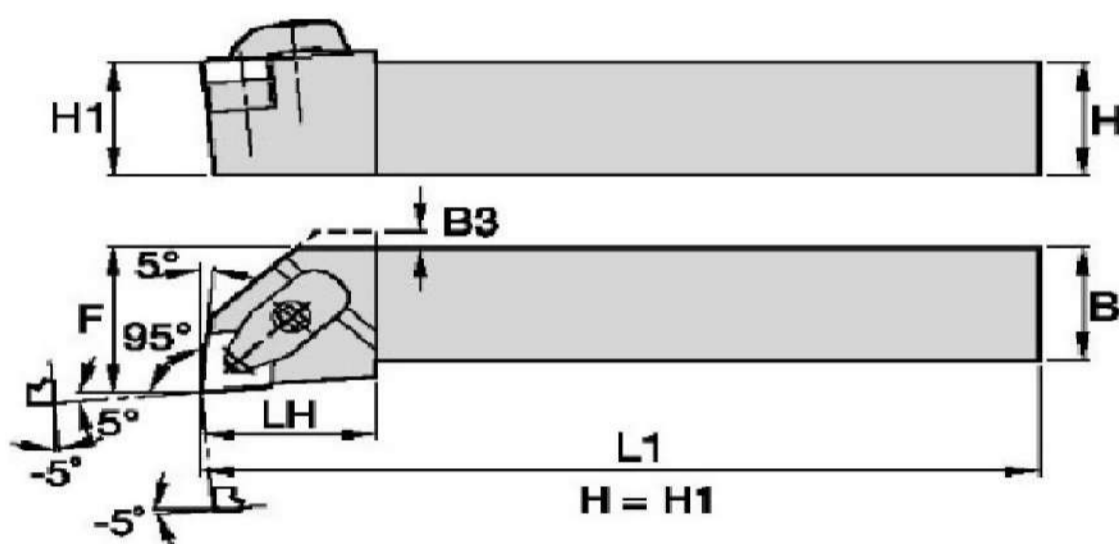
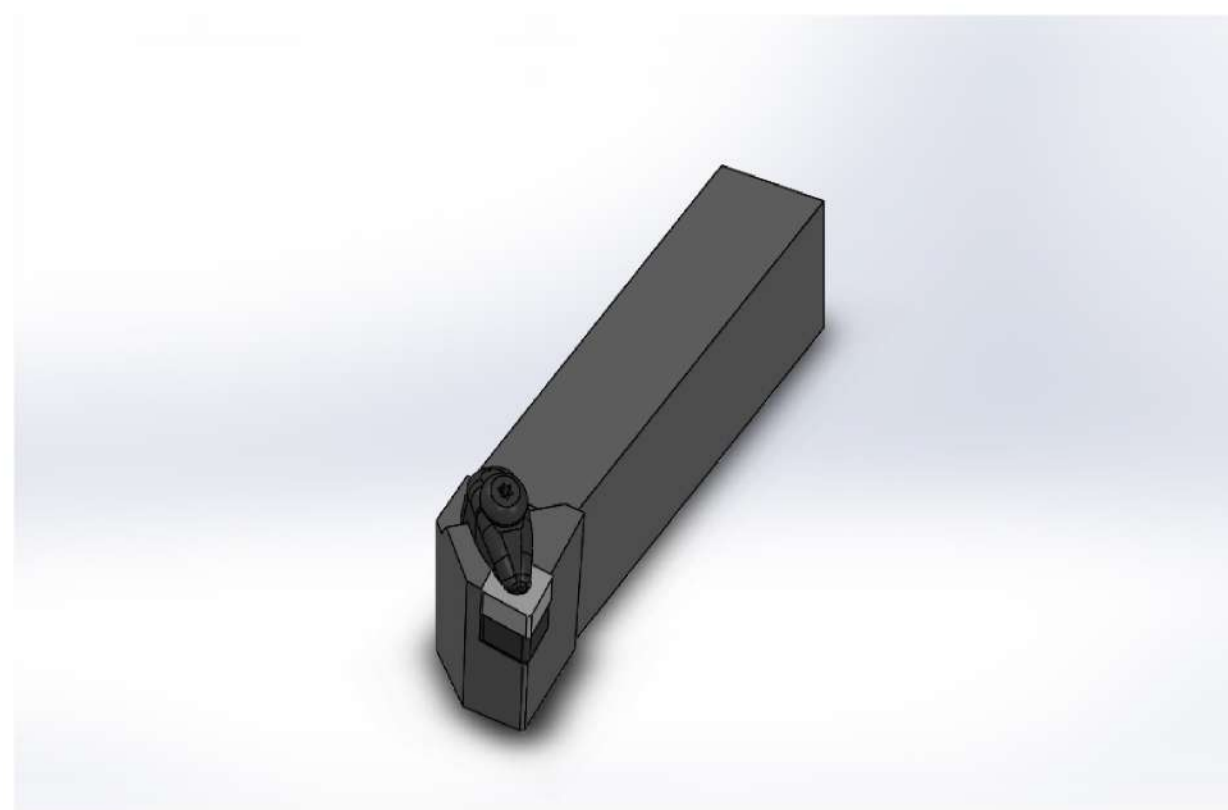


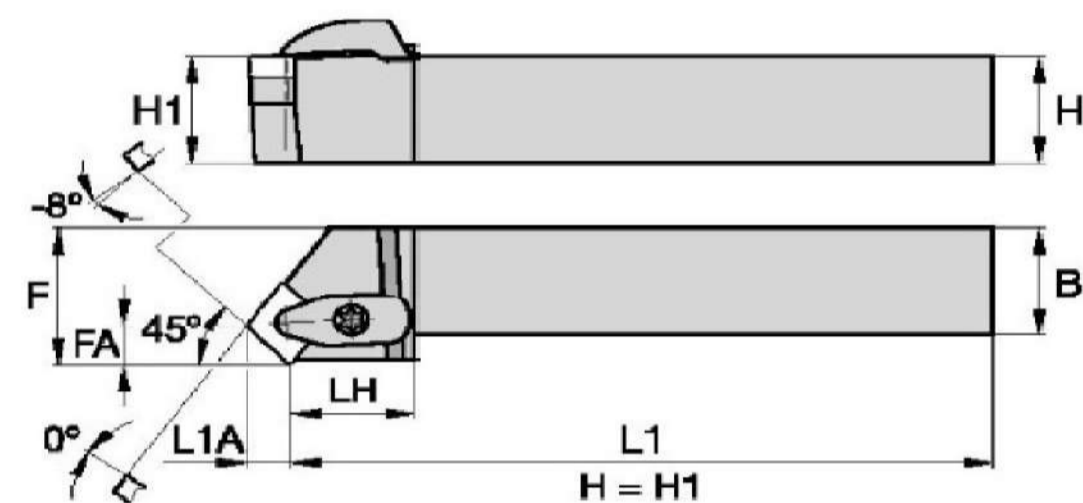
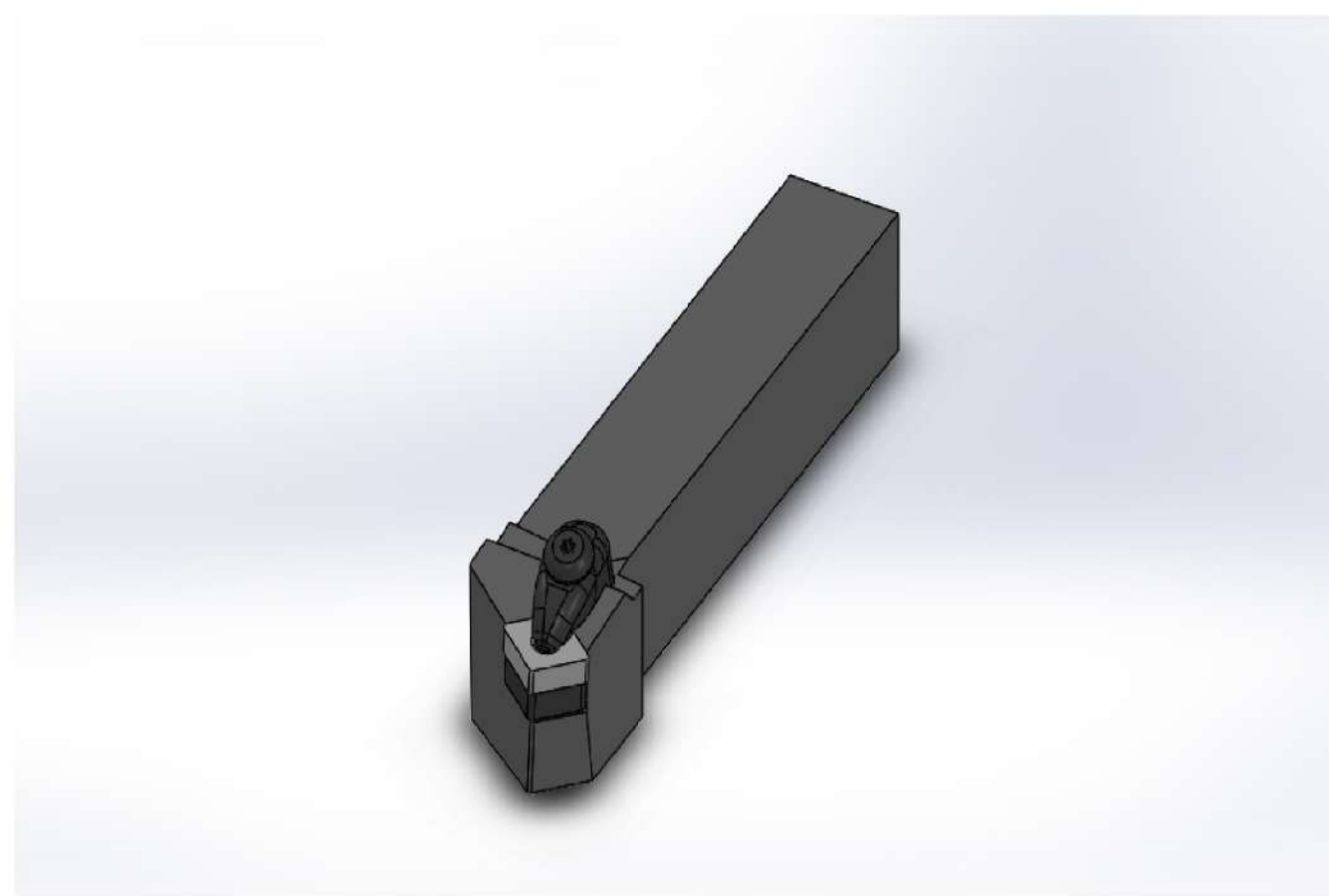
Рис.7 Точіння канавок

Установ 1	N65 X8.4 Z-13.8	N131 X8.8	Установ 2	N75 Z416.886
%	N66 G00 Z0.676	N132 Z0.001	%	N76 X10.066 Z413.85
O1	N67 X6.949	N133 X4.512	O1	N77 G03 X10.5 Z413.4 I-0.016 K-0.45
N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40	N68 G01 X6.3 Z0.027	N134 Z-14.799	N1 G90 G21 G54 G69 G17 G94 G00 G80 G49 G40	N78 G01 Z175.1
N2 G53 Z0.	N69 Z-14.1	N135 X7.012	N2 G53 Z0.	N79 X15.1
N3 G53 B0.CO.	N70 X7.1	N136 X8.8	N3 G53 B0.CO.	N80 G00 G28 U0.
	N71 X7.4 Z-13.8	N137 Z-0.028		N81 G28 W0.
	N72 G00 Z0.376	N138 X4.462		N82
N4	N73 X6.649	N139 Z-14.828	N4	N83 G53 Z0.
N5 G53 Z0.	N74 G01 X6. Z-0.273	N140 X6.962	N5 G53 Z0.	N84 T2 M06
N6 T2 M06	N75 Z-14.4	N141 X8.8	N6 T2 M06	N85 M05
N7 S150 M04	N76 X8.	N142 Z0.001	N7 S150 M04	N86 S150 M03
N8 G00 G43 Z3.1 H2	N77 Z-29.4	N143 X4.412	N8 G00 G43 Z464.1 H2	N87 G00 G43 Z417.1 H2
N9 X17.8	N78 X11.004	N144 Z-14.799	N9 X17.8	N88 X11.
N10 Y0.	N79 Z-148.1	N145 X6.912	N10 Y0.	N89 Y0.
N11 Z0.	N80 X11.002 Z-151.58	N146 X8.8	N11 Z461.	N90 X10.615
N12 G01 X-0.24 F1 M08	N81 Z-171.8	N147 Z-0.028	N12 G01 X-0.24 F1 M08	N91 G01 X9.924 F1
N13 Z2.8	N82 X11. Z-175.28	N148 X4.362	N13 Z463.8	N92 G00 X10.607
N14 G00 Z3.1	N83 Z-191.981	N149 Z-14.828	N14 G00 Z464.1	N93 Z417.
N15 X17.8	N84 X14.8	N150 X6.862	N15 X17.8	N94 G01 X8.202
N16	N85 G00 M09	N151 X8.8	N16	N95 G00 X10.589
N17 G00 G43 Z0.676 H2	N86 G28 U0.	N152 Z0.001	N17 G00 G43 Z462.28 H2	N96 Z416.803
N18 X15.1	N87 G28 W0.	N153 X4.312	N18 X15.4	N97 G01 X8.
N19 X14.1		N154 Z-14.799	N19 X14.4	N98 G00 X11.
N20 G01 Z-191.681	N88	N155 X6.812	N20 G01 Z175.4	N99 Z415.7
N21 X15.1	N89 G53 Z0.	N156 X8.8	N21 X15.4	N100 X10.683
N22 X15.4 Z-191.381	N90 T6 M06	N157 Z0.	N22 X15.7 Z175.7	N101 G01 X8.202
N23 G00 Z0.676	N91 S150 M04	N158 X4.31	N23 G00 Z462.28	N102 X8.402 Z415.9
N24 X13.1	N92 G00 G43 Z3. H6	N159 Z-14.8	N24 X13.4	N103 G00 X11.
N25 G01 Z-191.681	N93 X4.7	N160 X6.81	N25 G01 Z175.4	N104 M09
N26 X14.1	N94 Y0.	N161 X8.8	N26 X14.4	N105 M05
N27 X14.4 Z-191.381	N95 G01 X4.641 Z-0.059 F1 M08	N162 Z0.	N27 X14.7 Z175.7	N106 G28 U0.
N28 G00 Z0.676	N96 X5.7 Z-1.117	N163 X4.3	N28 G00 Z462.28	N107 G28 W0.
N29 X12.1	N97 Z-15.	N164 Z-14.8	N29 X12.4	M30
N30 G01 Z-191.681	N98 X7.	N165 X6.8	N30 G01 Z175.4	
N31 X13.1	N99 Z-30.	N166 X8.8	N31 X13.4	
N32 X13.4 Z-191.381	N100 X10.	N167 Z0.	N32 X13.7 Z175.7	
N33 G00 Z0.676	N101 Z-189.2	N168 X4.3	N33 G00 Z462.28	
N34 X11.1	N102 X12.121 Z-191.121	N169 Z-14.8	N34 X11.4	
N35 G01 Z-29.1	N103 M09	N170 X6.8	N35 G01 Z175.4	
N36 X11.304	N104 G00 G28 U0.	N171 X8.8	N36 X12.4	
N37 Z-147.8	N105 G28 W0.	N172 Z0.	N37 X12.7 Z175.7	
N38 X11.302 Z-151.28		N173 M09	N38 G00 Z462.28	
N39 Z-171.5	N106	N174 G28 U0.	N39 X10.4	
N40 X11.3 Z-174.98	N107 G53 Z0.	N175 G28 W0.	N40 G01 Z460.093	
N41 Z-191.681	N108 T10 M06		N41 X10.7 Z460.393	
N42 X12.1	N109 S150 M04	N176	N42 G00 Z462.28	
N43 X12.4 Z-191.381	N110 G00 G43 Z0.017 H10	N177 G53 Z0.	N43 X9.4	
N44 G00 Z0.676	N111 X8.8	N178 T8 M06	N44 G01 Z461.093	
N45 X10.1	N112 Y0.	N179 S150 M04	N45 X10.4 Z460.093	
N46 G01 Z-29.1	N113 X4.782	N180 G00 G43 Z-175. H8	N46 X10.7 Z460.393	
N47 X11.1	N114 Z-14.783 M08	N181 X17.	N47 G00 Z462.28	
N48 X11.4 Z-28.8	N115 X7.282	N182 Y0.	N48 X9.33	
N49 G00 Z0.676	N116 X8.8	N183 X10.299	N49 G01 Z461.163	
N50 X9.1	N117 Z-0.035	N184 G01 X8. F1 M08	N50 X9.4 Z461.093	
N51 G01 Z-29.1	N118 X4.691	N185 G00 X10.299	N51 X9.7 Z461.393	
N52 X10.1	N119 Z-14.835	N186 Z-173.7	N52 G00 X10.7	
N53 X10.4 Z-28.8	N120 X7.191	N187 G01 X8.	N53 Z460.393	
N54 G00 Z0.676	N121 X8.8	N188 X8.2 Z-173.9	N54 G01 X10.4 Z460.093	
N55 X8.1	N122 Z0.005	N189 G00 X17.	N55 X10.8 Z459.693	
N56 G01 Z-14.1	N123 X4.622	N190	N56 Z417.186	
N57 X8.3	N124 Z-14.795	N191 G00 G43 Z-151.3 H8	N57 X10.4 Z414.385	
N58 Z-29.1	N125 X7.122	N192 X10.299	N58 Z414.147	
N59 X9.1	N126 X8.8	N193 G01 X8.	N59 G18 G03 X10.8 Z413.7 I-0.05 K-0.447	
N60 X9.4 Z-28.8	N127 Z-0.029	N194 G00 X10.299	N60 G01 Z175.4	
N61 G00 Z0.676	N128 X4.564	N195 Z-150.	N61 X11.4	
N62 X7.1	N129 Z-14.829	N196 G01 X8.	N62 X11.7 Z175.7	
N63 G01 Z-14.1		N197 X8.2 Z-150.2	N63 G00 Z414.385	
N64 X8.1		N198 G00 X17.	N64 X10.7	
		N199 M09	N65 G01 X10.4	
		N200 M05	N66 X10.366 Z414.15	
		N201 G28 U0.	N67 X10.378	
		N202 G28 W0.	N68 X10.4 Z414.147	
			N69 X10.7 Z414.447	
			N70 G00 X11.7	
			N71 Z461.98	
			N72 X9.03	
			N73 G01 Z460.863	
			N74 X10.5 Z459.393	

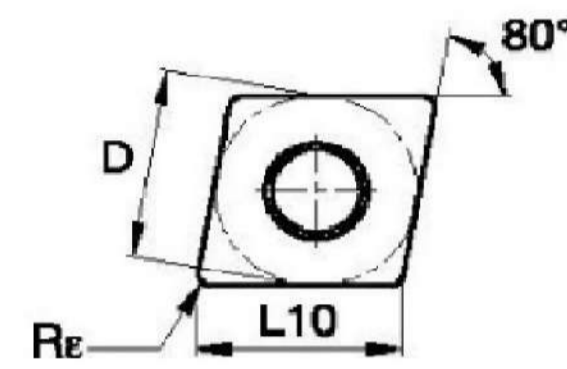
				<b>БР.ПМ-0041.21.02</b>				
Зм.	Арх.	№ док.	Підп.	Дата	Програма для оброблення на токарному верстаті з ЧПК	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.	І. Іванів					Н		
Перев.	В. Врюкало					Арх.	Арх.	1
Реценз.								
Н. контр.	В. Врюкало					ІФНТУНГ ПМ-21-1		
Затверд.	В. Панчук							



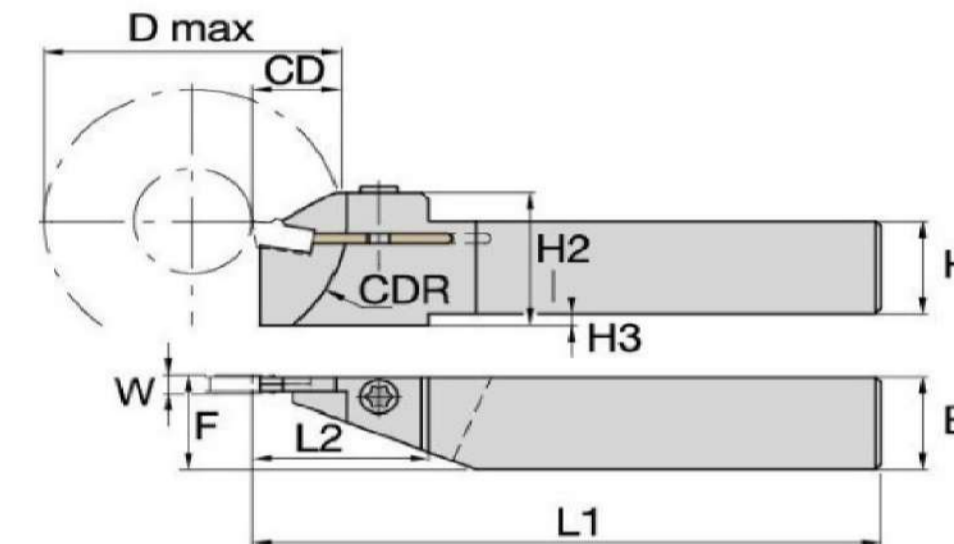
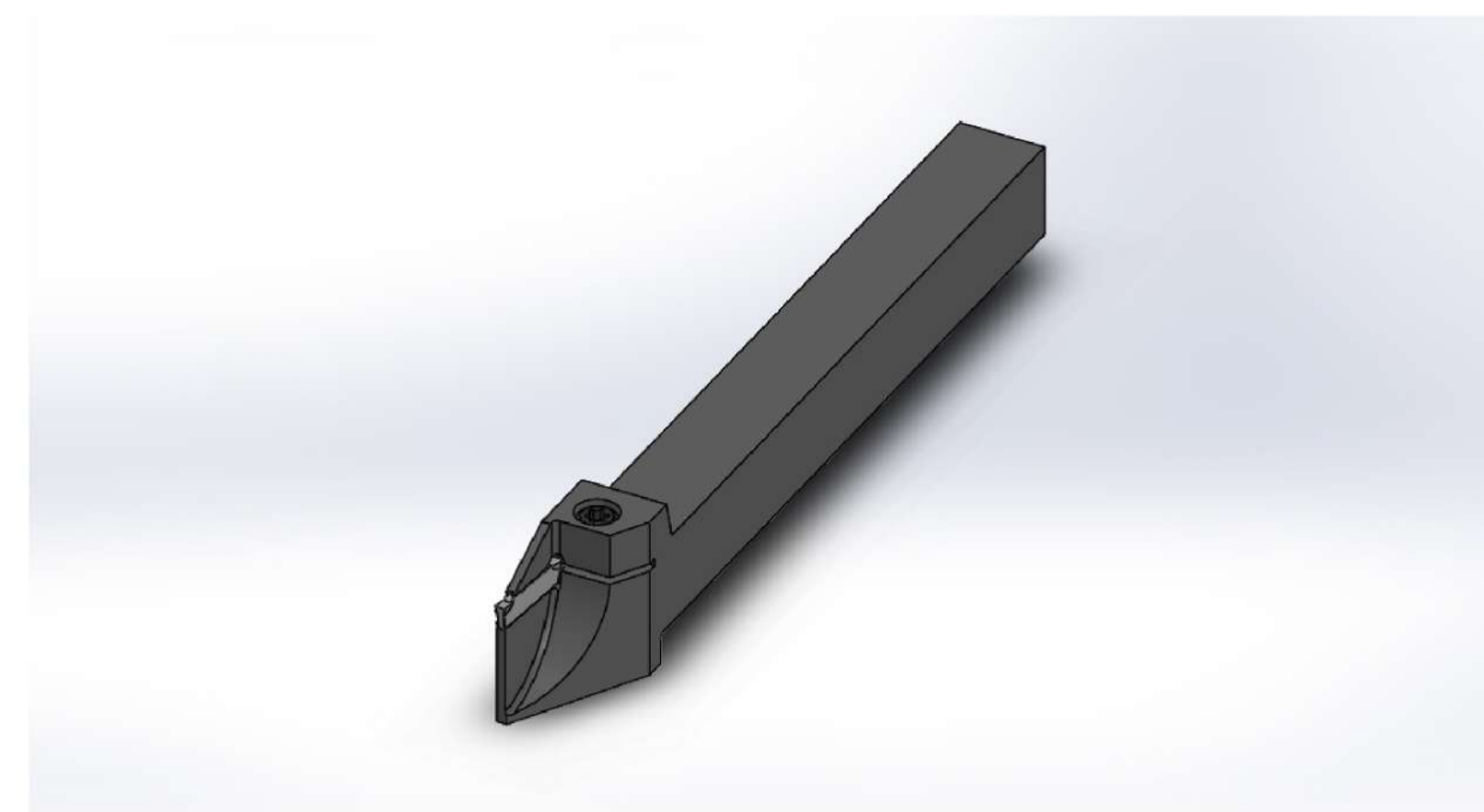
Номер	1675193
Ідентифікатор каталогу ISO	DCLNR2525M12KCo4
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LH]	32 мм
Вставка	CN.120408



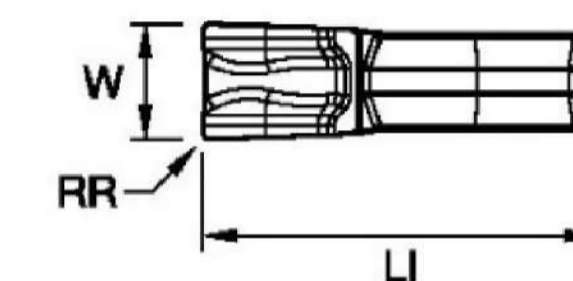
Номер	2273102
Ідентифікатор каталогу ISO	DCSN R2525M12KCo4
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LH]	35 мм
[FA] Вимір FA	8,2 мм
[L1A] Розмір	8,45 мм
Вставка	CN.120408



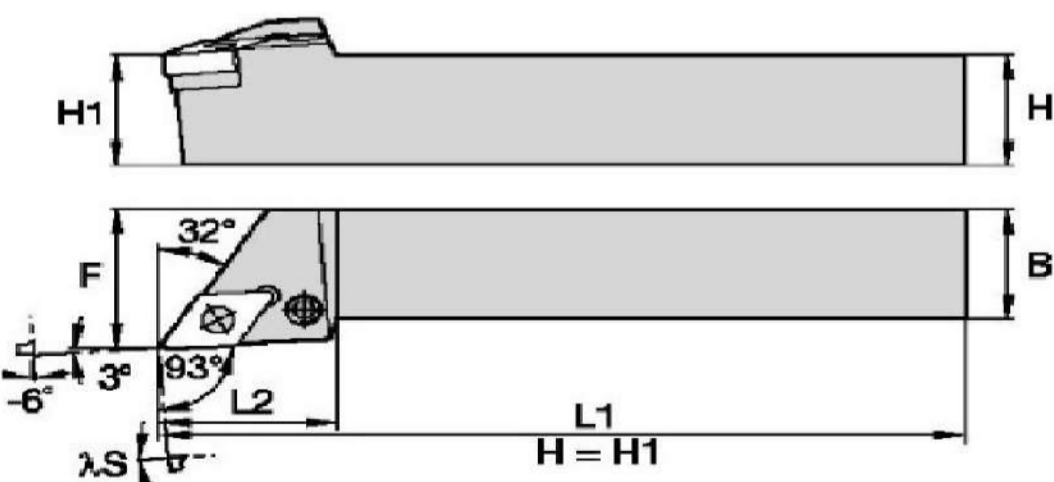
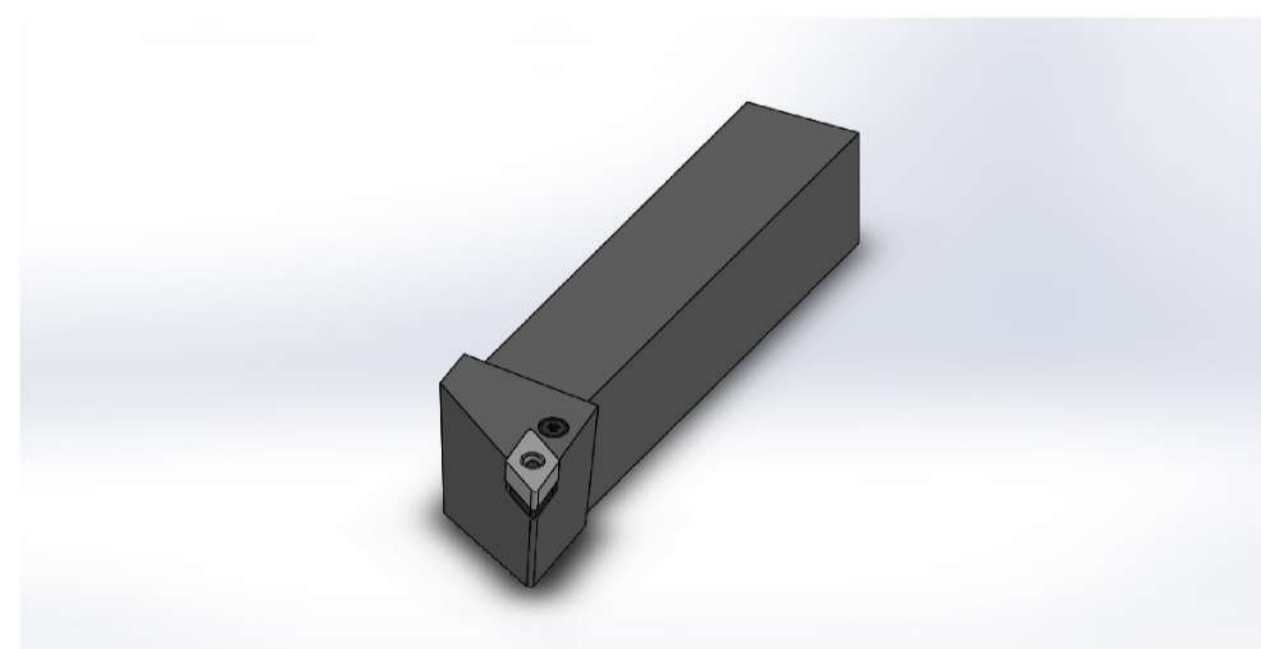
Номер	3758134
Ідентифікатор каталогу ISO	CNMA120408
Клас точності	KKK20
[D] Розмір вставки	12,7 мм
[L10] Довжина ріжучої кромки пластини	12,136 мм
[S] Товщина пластини	4,763 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,9 мм
[D1] Розмір отвору пластини	5,18 мм



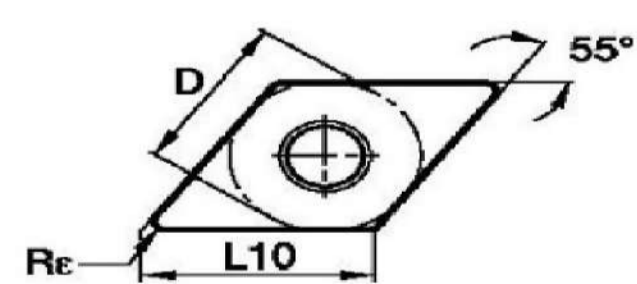
Номер	1796831
Ідентифікатор каталогу ISO	A2SCL2525M0326
Розмір вставки	3
[CD] Глибина різання	26 мм
[DMAx] Максимальний діаметр заготовки	63 мм
[W] Ширина канавки	3 мм
[H] Висота хвостовика	25 мм
[FS] Вторинний F-вимір	23,8 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [L2]	42 мм
[H2] Висота головки	31,5 мм
[CDR] Посилені радіуси леза	32,5 мм



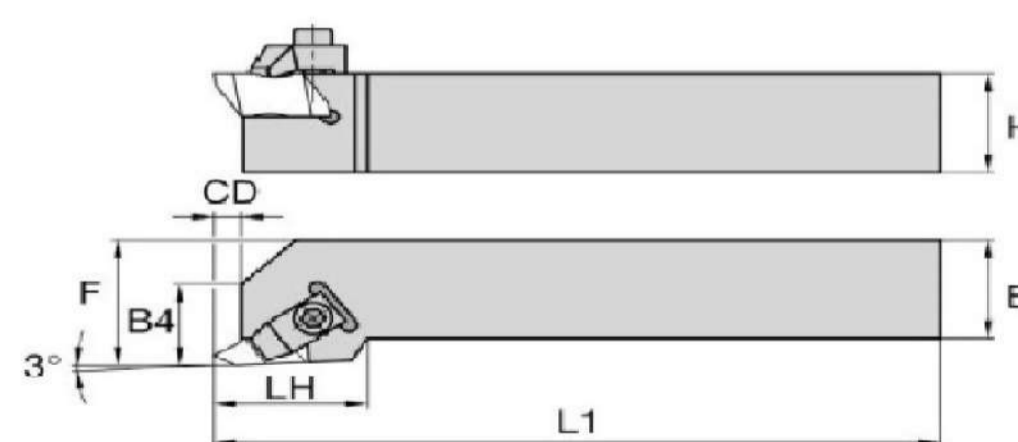
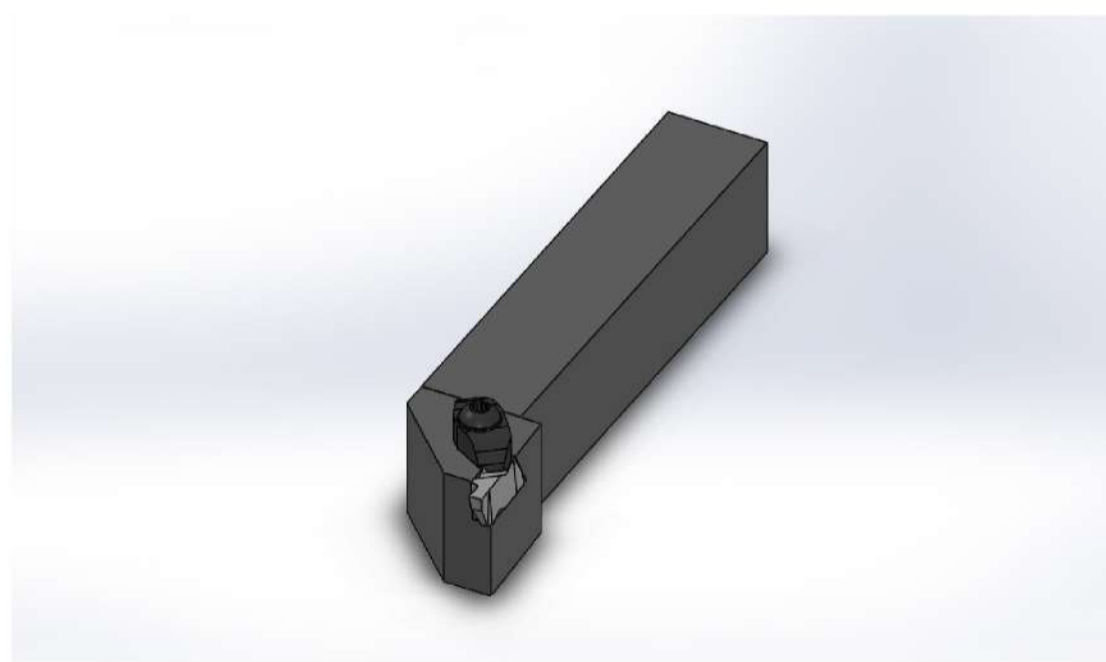
Номер	7168192
Ідентифікатор каталогу ISO	A2022N00CR02
Клас точності	KCU25B
Розмір вставки	2
[W] Ширина різання	2,2 мм
[RL] Радіус заокруглення	0,2 мм



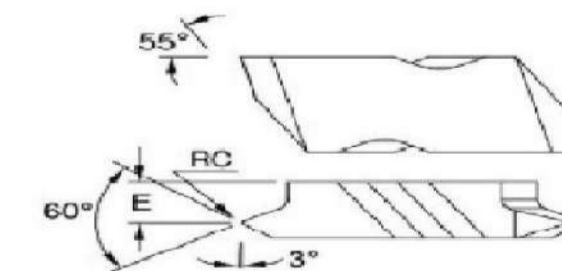
Номер	1192384
Ідентифікатор каталогу ISO	PCUNR2525M11
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [L2]	30 мм
Кут нахилу	7
Вставка калібру	DN.110408



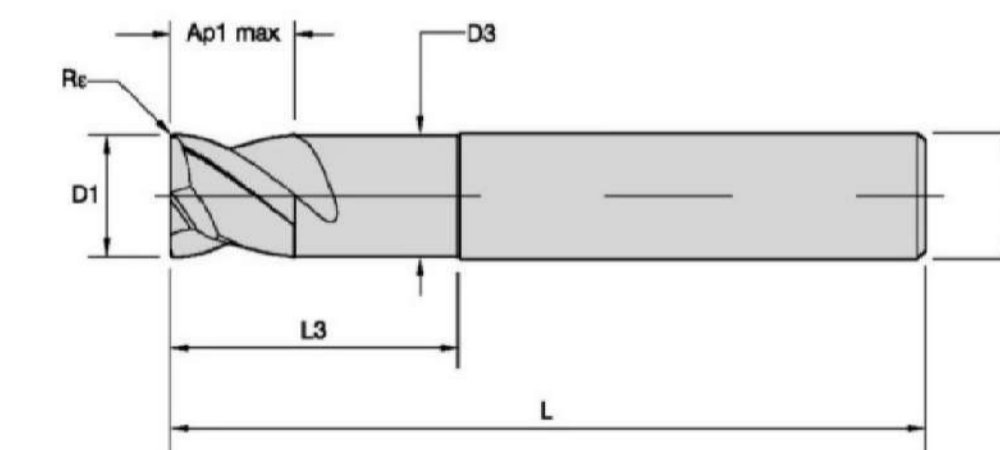
Номер	1599057
Ідентифікатор каталогу ISO	DNMG150408MP1
Клас точності	KC5010
[D] Розмір вставки мікросхеми	12,7 мм
[L10] Довжина ріжучої кромки пластини	15,504 мм
[S] Товщина пластини	4,76 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,8 мм
[D1] Розмір отвору пластини	5,18 мм



Номер	1098796
Ідентифікатор каталогу ISO	NSP2525M3
[H] Висота хвостовика	25 мм
[B] Ширина хвостовика	25 мм
[F] Розмір F	32 мм
[L1] Довжина інструменту	150 мм
Довжина головки [LH]	32 мм
[B4] Кінцева фаска	12,6 мм
[CD] Глибина різання	5,33 мм
Вставка калібру	H.3P



Номер матеріалу	4175985
Ідентифікатор каталогу ISO	NTF3R
Клас точності	KKY10
Розмір вставки	3
Тип різьби	ООН
[RC] Центр радіуса кута	0,075 мм
[E] Відстань профілю	3,581 мм
Крок різьби Зовнішній	0,60-2,5
Крок різьби внутрішній	1,0-2,5
Зовнішній TPI	10-14
TPI внутрішній	9-24



Номер	4090783
Ідентифікатор каталогу ISO	F2AU0575ADK38
Клас точності	KC643M
Тип адаптера	Прямо-циліндричний
[D1] Ефективний діаметр різання	6 мм
[D] Адаптер / Хвостовик / Діаметр отвору	6 мм
[D3] Діаметр шийки	5,712 мм
[AP1MAX] 1-ша максимальна глибина різання	7 мм
[L3] Корисна довжина	18 мм
[L] Загальна довжина	54 мм
[Re] Радіус заокруглення	0,2 мм
[Z] Кількість зубів	2

Інструмент для механічного оброблення				Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Аркуш	№ докум.	Поп.	Дата	H		
Розроб.	І. Іванів			Аркуш	Аркушів	1
Перев.	В. Врюкало					
Т. контр.						
Реценз.						
Н. контр.	В. Врюкало					
Затверд.	В. Панчук					