

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ
КАФЕДРА ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» та його інженерний аналіз за допомогою CAE систем

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Слізов В.П.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Нечаєв В.П.

Кривий Ріг
2024 р.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Слізов В.П.

Керівник КБР

(підпис)

Нечасєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечасєв В.П.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Слізов Віктор Павлович

1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Керівник проекту: доц., к.т.н. Нечаєв В.П.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Ролик утримуючий». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами. 4. Проектування та інженерний аналіз різального інструменту. 5. Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 6. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Ролик утримуючий. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Різець фасонний дисковий. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	
3.	Призначення об'єкту виробництва	
4.	Аналіз технологічності деталі.	
5.	Креслення деталі (А1-А4).	
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	
13.	Вибір допоміжних інструментів.	
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	
18.	Висновки	
19.	Оформлення РПЗ	
20.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Слізов В.П./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A4		1	КНУ.КБР.131.24.1-14.ПЗ	Пояснювальна записка	43	
				Креслення		
A4		2	КНУ.КБР.131.24.1-14.РЧ	Ролик утримуючий	1	
A3		3	КНУ.КБР.131.24.1-14.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A1		4	КНУ.КБР.131.24.1-14.РФД	Різець фасонний дисковий	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-14.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		6	КНУ.КБР.131.24.1-14.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
КНУ.КБР.131.24.1-14.ВМКБР						
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата	
Разрад.		Слізов				
Проб.		Нечаєв				
Н.контр.		Рязанцев				
Утв.		Нечаєв				
Відомість матеріалів КБР				Лит.	Лист	Листов
				Н		1
Кафедра ТМ гр. ПМ-20				Формат А4		
				Копіював		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 43 стор., 33 рисунки, 12 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: проведення інженерного аналізу спеціального різального інструменту, що використовується для виготовлення деталі «Ролик утримуючий», з метою оптимізації його конструкції та покращення ефективності в процесі обробки поверхонь деталей.

Об'єкт дослідження – спеціальний різальний інструмент, призначений для обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» візка пересування.

Предмет дослідження – інженерний аналіз спеціального різального інструменту та визначення його ефективності в процесі обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» за допомогою систем комп'ютерного проектування.

Розвиток промисловості супроводжується постійними зусиллями по вдосконаленню технологічних процесів, спрямованими на підвищення якості та ефективності виробництва. Одним із ключових аспектів у цьому процесі є оптимізація обробки поверхонь деталей, зокрема, у відділенні машинобудівного виробництва. У цьому контексті, роль спеціального різального інструменту, зокрема, «Ролика утримуючого», стає визначальною. Кваліфікаційна робота присвячена аналізу та інженерному дослідженню спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» візка пересування. Даний інструмент відіграє ключову роль у процесі обробки поверхонь деталей, забезпечуючи їх точність та якість.

В умовах сучасної промисловості, особливо в галузі виробництва машинобудівної продукції, питома вага точності та якості обробки деталей набуває все більшого значення. Висока швидкість виготовлення виробів та підвищені вимоги до їх якості ставлять перед виробниками завдання підвищення ефективності та точності технологічних процесів. У цьому контексті роль спеціальних різальних інструментів, таких як «Ролик утримуючий», набуває особливого значення.

При проектуванні використовувалися складові систем автоматизованого проектування (САПР), включаючи програмне забезпечення Solid Works та Autodesk. Було проведено інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних компонентів у конструкції. Цей аналіз виконувався за допомогою інструментів Solid Works у модулі Simulation.

РОЛИК УТРИМУЮЧИЙ, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ФАСОННИЙ РІЗЕЦЬ, САПР, СОБІВАРТІСТЬ, ОКУПІНІСТЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.Р</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Реферат</i>			
Розроб.		<i>Слізав</i>						
Перевір.		<i>Нечасів</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>			Літ.	Арк.	Аркушів	
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 43 pages, 33 figures, 12 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: conducting an engineering analysis of the special cutting tool used for the production of the "Retaining Roller" part, with the aim of optimizing its design and improving efficiency in the process of processing the surfaces of the parts.

The object of the study is a special cutting tool designed for processing the surfaces of the "Retaining roller" part of the trolley.

The subject of the study is an engineering analysis of a special cutting tool and determination of its efficiency in the process of processing the surfaces of the part "Retaining roller" using computer design systems.

The development of industry is accompanied by constant efforts to improve technological processes aimed at increasing the quality and efficiency of production. One of the key aspects in this process is the optimization of surface treatment of parts, in particular, in the department of machine-building production. In this context, the role of a special cutting tool, in particular, the "Retaining Roller", becomes decisive. The qualification work is devoted to the analysis and engineering research of a special cutting tool for processing the surfaces of the "Retaining roller" part of the trolley. This tool plays a key role in the process of processing the surfaces of parts, ensuring their accuracy and quality.

In the conditions of modern industry, especially in the field of machine-building products, the specific weight of accuracy and quality of parts processing is becoming more and more important. The high speed of production of products and increased requirements for their quality pose to manufacturers the task of increasing the efficiency and accuracy of technological processes. In this context, the role of special cutting tools, such as the "Retaining Roller", becomes particularly important.

Components of automated design systems (CAD), including Solid Works and Autodesk software, were used in the design. An engineering analysis of a special cutting tool was performed to identify critical components in the design. This analysis was performed using the Solid Works tools in the Simulation module.

RETAINING ROLLER, CUTTING TOOL, SHAPING CUTTER, CAD, COST, COST, AUTOMATION.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.Р</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замінів	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	20
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	20
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	21
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	24
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	25
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	26
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	28
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	28
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	29
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	33
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	33
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	34
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	38
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	38
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	40
Висновки	42
Список використаних джерел	43

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.3</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Слізов</i>			<i>Зміст</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

ВСТУП

Металорізальний інструмент – це частина металорізального верстата, що впливає в процесі різання безпосередньо на заготовку, з якої повинна бути отримана готова деталь. Процес різання металів полягає в знятті із заготовки певного шару металу для одержання з її деталі необхідної форми та розмірів з відповідною якістю оброблених поверхонь. Частка обробки металів різанням у машинобудуванні становить близько 35%. Процес різання металів, що супроводжується деформаціями стиску, розтягання, зрушення, більшим тертям і тепловиділенням, має свої закономірності, вивчення яких необхідно для того, щоб зробити цей процес більше продуктивним та економічним. Для розвитку науки про різання металів і ріжучий інструмент необхідне подальше дослідження фізичних основ процесу різання; пошук нових дешевих, зносостійких і міцних матеріалів для виготовлення ріжучої частини інструмента; створення нових видів високопродуктивного різального інструменту; широке впровадження потокових методів виробництва інструмента та поліпшення його якості; підвищення продуктивності та економічності процесу різання внаслідок зменшення не тільки машинного, а й допоміжного часу, що витрачається на обробку; вивчення, узагальнення, подальший розвиток і широке впровадження в промисловість високопродуктивних методів праці новаторів виробництва; розробка передових нормативів по режимах різання тощо. Найважливішими напрямками розвитку технології механічної обробки в машинобудуванні є впровадження технологічних процесів на основі використання ріжучих інструментів із нових інструментальних сплавів, розширення області використання обладнання з ЧПК, підвищення розмірної та технологічної точності, що досягається при обробці.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Слізов</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Нечаєв</i>						
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Для виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи використовуються вихідні дані у вигляді креслення деталі «Ролик утримуючий» та механізму, в якому ця деталь використовується. На рисунку 1.1 наведено 3D модель вказаної деталі.

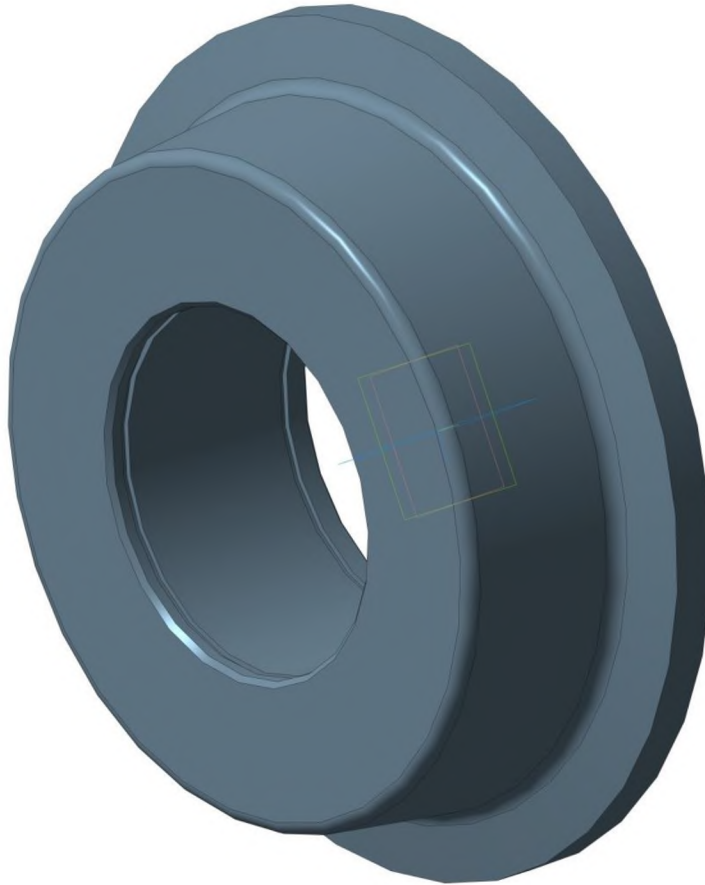


Рисунок 1.1 – Креслення деталі «Ролик утримуючий»

Технічне завдання розроблено для проведення інженерного аналізу спеціального різального інструменту, що використовується для виготовлення деталі «Ролик утримуючий», з метою оптимізації його конструкції та покращення ефективності в процесі обробки поверхонь деталей.

Розмір замовлення деталей «Ролик утримуючий» – 1500 штук на рік.

Задачі дослідження включають:

- аналіз конструкції та принципу роботи ролика утримуючого;
- вивчення технологічних особливостей обробки поверхонь деталей;

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.01.АСПМ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Слізав</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

- розробка та моделювання інженерного процесу за допомогою САЕ систем.

Об'єктом дослідження є спеціальний різальний інструмент, призначений для обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» візка пересування.

Предметом дослідження є інженерний аналіз спеціального різального інструменту та визначення його ефективності в процесі обробки поверхонь деталі «Ролик утримуючий» за допомогою систем комп'ютерного проектування.

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елемента вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Деталь «Ролик утримуючий» входить до складу візка пересування тельфера (рис. 1.2).

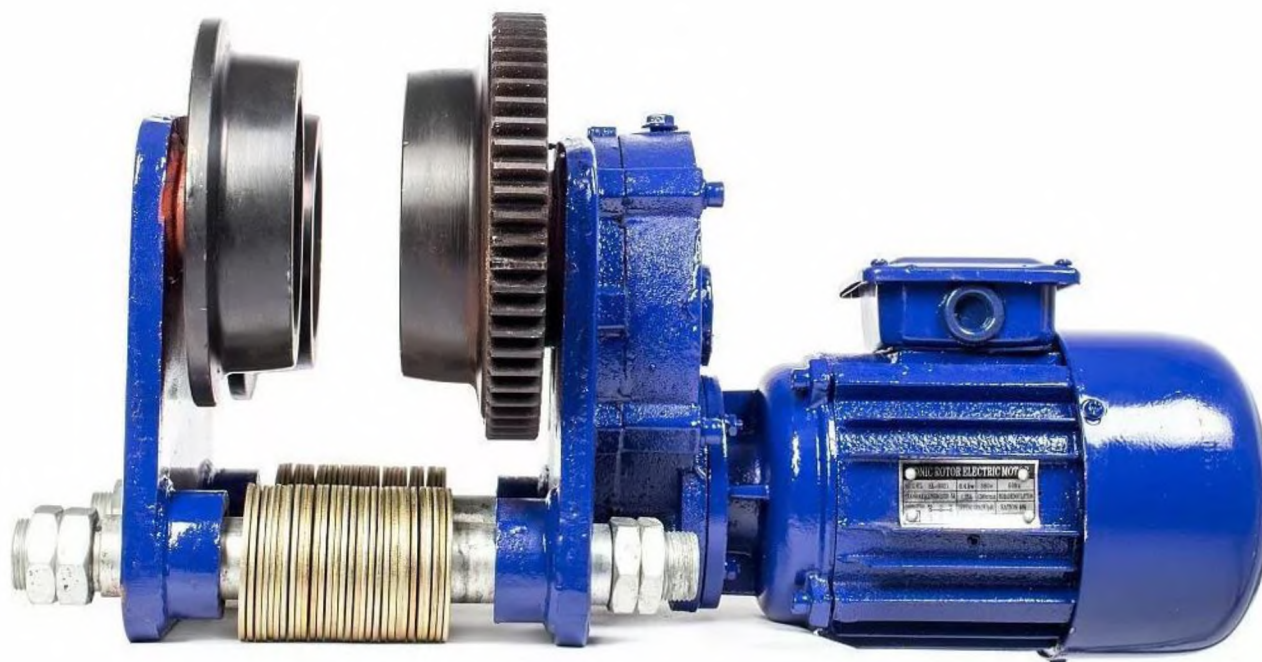


Рисунок 1.2 – Візок пересування тельфера

Телферний візок призначений для переміщення по канатній балці електричного тельфера (рис. 1.3). Його кріплення до корпусу тельфера здійснюється через отвори кріплення, з'єднуючи приводну та вільну боковини за допомогою двох шпилек та набору шайб. Це регулює відстань між приводними та вільними колесами візка, що дозволяє йому пристосуватися до полиць двотаврових балок різної ширини.

Ходовий візок тельфера може бути встановлений на двотаврову балку різних розмірів з нахиленими полицями їзди, що максимізує контактну площу з колесами візка. Але його можна також змонтувати на двотаврову балку з прямими полицями. Крім того, візок може переміщатися по криволінійному монорейковому шляху.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пересування візка здійснюється за допомогою електродвигуна, який приводить у рух шестерню. Ця шестерня передає обертання від валу до приводних коліс, що розташовані на боковині. Електродвигун може мати варіанти з або без гальма для фіксації тельфера на балці, а також може бути одношвидкісним або двошвидкісним.

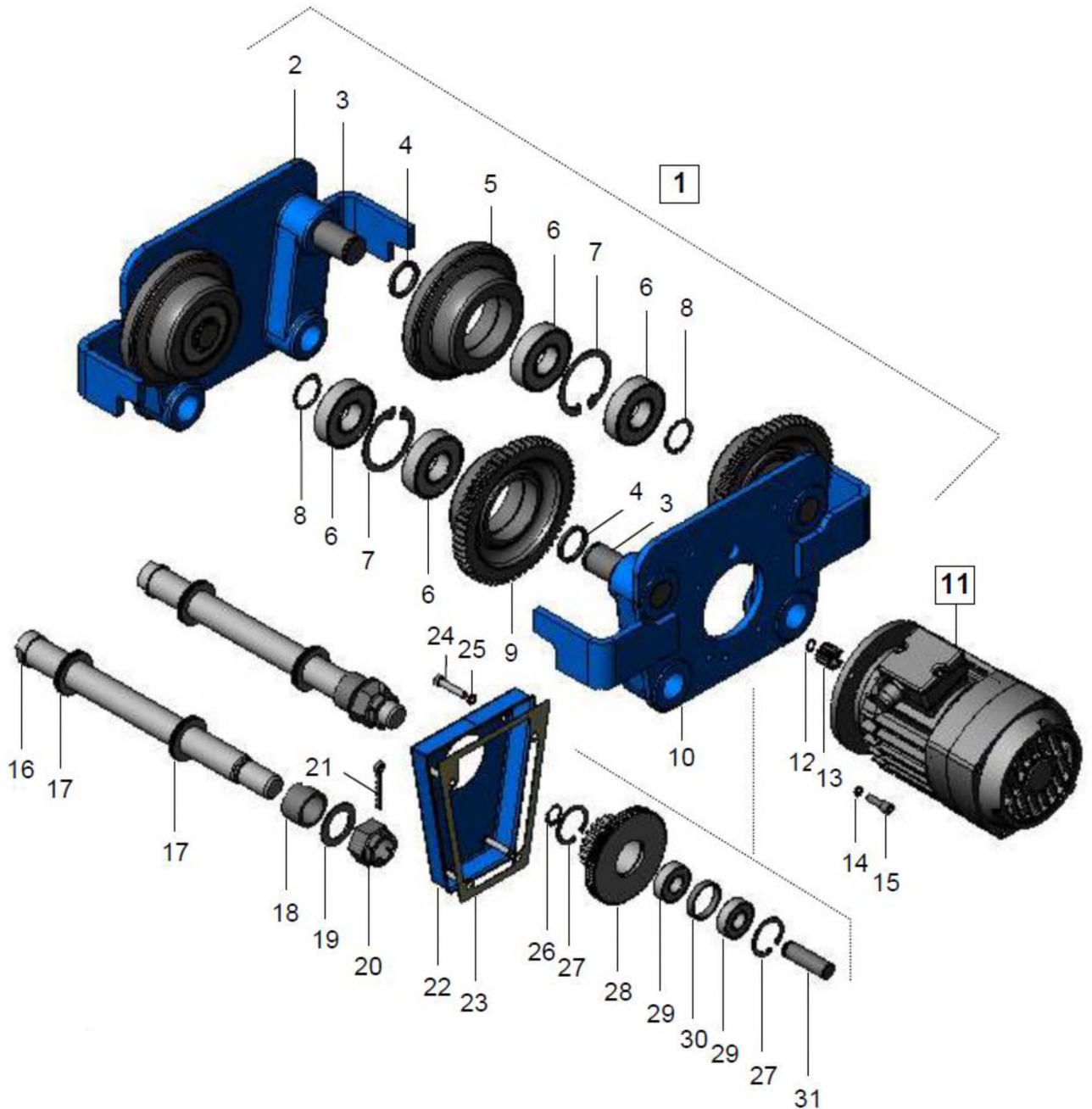


Рисунок 1.3 – Складальні елементи візка пересування тельфера:

1 - Монорейковий візок; 2 – Боковина ведена; 3 – Вісь; 4 – Шайба; 5 – Ролик утримуючий; 6 - Підшипник SKF; 7 – Кільце БДС2170-77; 8 – Кільце DIN471; 9 – Колесо ходове провідне; 10 – Боковина ведуча; 16 - Болт спеціальний; 17 – Втулка; 18 - Втулка; 19 - Шайба DIN125; 20 - Гайка DIN935; 21 - Шплінт DIN94; 22 - Кришка; 23 - Ущільнення; 24 – Болт DIN931/8.8; 25 - Шайба пружинна DIN7980; 26 - Кільце DIN471; 27 - Кільце БДС2170-77; 28 - Блок шестерень; 29 - Підшипник SKF; 30 - Втулка дистанційна; 31 - Вісь

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-14.01.АСПМ

Арк.

Під час використання візка потрібно виконати наступні дії: встановити буфер на висоті осі ходових коліс з обох сторін двотаврової балки, очистити полицю двотаврової балки, змастити приводний механізм візка та перевірити надійність кріплення візка.

У використанні візка заборонено: застосування його на коліях з меншим профілем, фарбування їздової поверхні полиці, зупинку тельфера включенням реверсу ходу, підтягування вантажу та витягування затиснутого вантажу.

Візки переміщення також використовуються для виготовлення кінцевих балок як приводні механізми пересування підвісних кран-балок.

Приводні візки болгарських тельферів взаємозамінні незалежно від виробника і року випуску тельфера. Візок переміщення обирається в залежності від вантажопідйомності та висоти підйому тельфера.

1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником

Ролик утримуючий встановлюється на Підшипник SKF. Ролик утримуючий сполучається з підшипником внутрішньою поверхнею, з полем допуску $H7$. Підшипник шостого класу точності ($l6$). Проведемо розрахунок параметрів точності з'єднання ролик утримуючого з підшипником. Визначимо зазори при посадці зовнішнього кільця підшипника в ролик утримуючий. Для цього необхідно визначити граничні відхилення для зовнішнього діаметру підшипника та для ролика утримуючого.

Розміри граничних відхилень становлять:
 для зовнішнього діаметру підшипника $\varnothing 130 l6$: $es = 0, ei = -15 \text{ мкм}$;
 для ролика утримуючого $\varnothing 130 H7$: $ES = +40 \text{ мкм}, EI = 0$.

В з'єднанні підшипник – ролик утримуючий зазори дорівнюють:

$$S_{\max} = ES - ei = 40 - 0 = 40 \text{ мкм}$$

$$S_{\min} = EI - es = 0 - (-0,015) = 15 \text{ мкм}$$

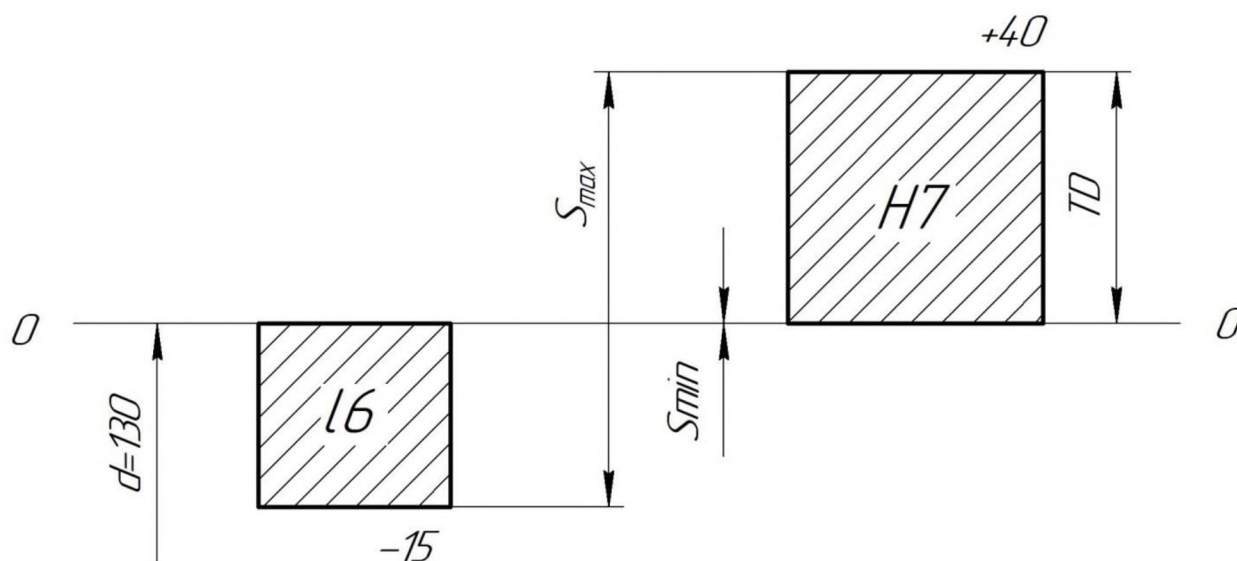


Рисунок 1.4 – Схема полів допусків з'єднання з підшипником

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-14.01.АСПМ					

Схема полів допусків з'єднання підшипник (зовнішнє кільце) – шестерня показано на рис. 1.4. Ескіз з'єднання показано на рис. 1.5.

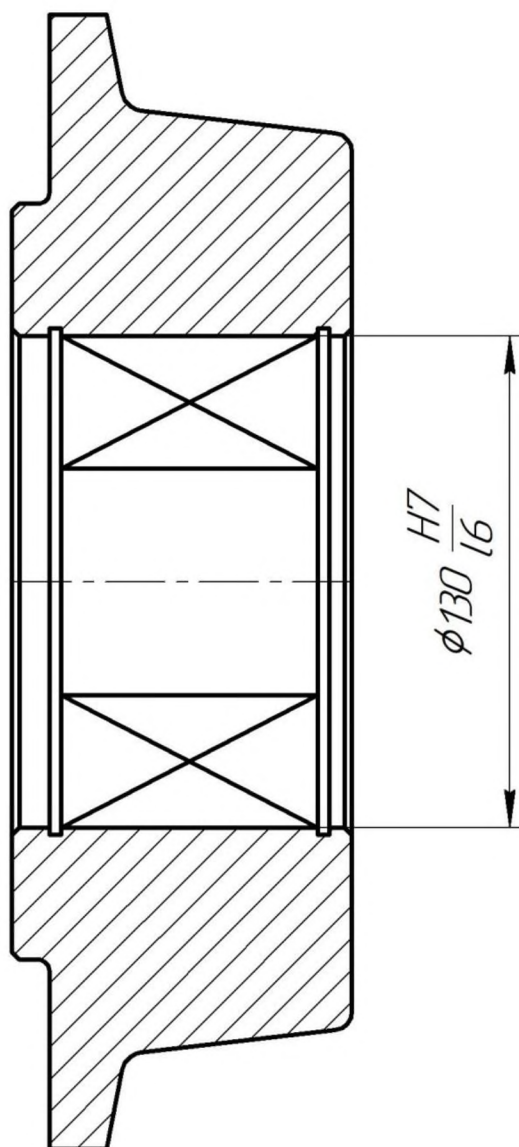


Рисунок 1.5 – Ескіз з'єднання ролика утримуючого з підшипником

					КНУ.КБР.131.24.1-14.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Ролик утримуючий – деталь машини, механізму, приладу циліндричної або конічної форми (з осью симетрії), що має осевий отвір, у який входить сполучна деталь. Заготовка для деталі «Ролик утримуючий» – штамп зі Сталі 65Г.

Сталь 65Г є ресорно-пружинною, її характеристики пружності, зносостійкості та міцності ідеально підходять для виготовлення навантажених деталей, особливо пружин для машинобудування. Сталь вважається конструкційною, проте не призначена для виготовлення зварних конструкцій через утруднену зварюваність. Найкраще цей сплав проявляє себе в рухомих елементах механізмів, що працюють при постійних навантаженнях та на знос. Після обробки сталь стає ще твердішою, деталі демонструють високі показники стійкості до стирання, втоми, ламкості. Замінники сталі: 50ХФА, 55С2, 60С2, 60С2А, 70, 70Г, 9ХС, У8А.

Зі сталі 65Г виготовляють пружини і ресори, шайби, фрикційні диски, гальмівні стрічки, шестерні, корпуси підшипників, фланці, затискні та цанги, що подають.

Дані про матеріал деталі приводяться у таблицях 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 65Г

Хімічний елемент	%
Вуглець (С)	0.62 – 0.7
Сіліцій (Si)	0.17 – 0.37
Марганець (Mn)	0.9 – 1.2
Хром (Cr)	До 0.25
Нікель (Ni)	до 0.25
Купрум (Cu)	до 0.2
Фосфор (P), не більше	0.035
Сірка (S), не більше	0.035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 65Г

$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %
785	980	8	30

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Порядок обробки вказано у таблиці 2.3, а номери поверхонь деталі подано на рисунку 2.1.

					<i>КНУКБР.131.24.1-14.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Слізав</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечасів</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

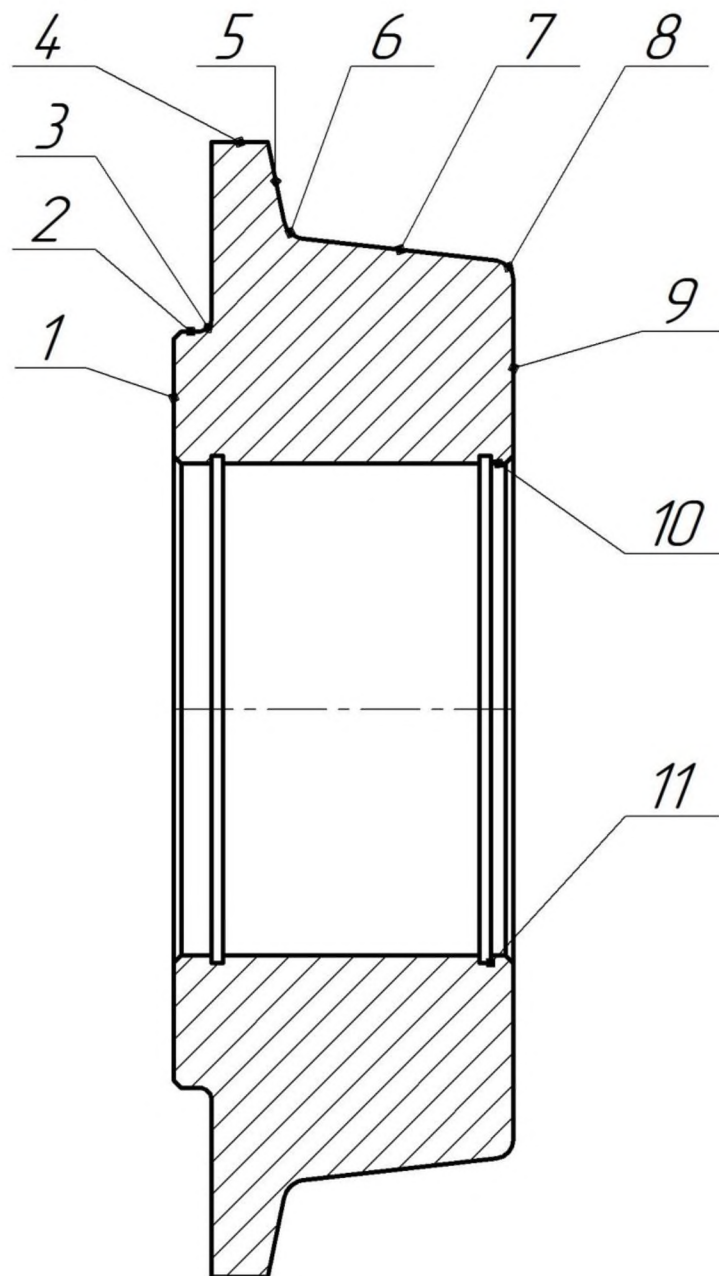


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Ролик утримуючий»

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск ІТ	Шорсткість, Ra	Прим.
1	2	3	4	5	6
1	90	Чорнове підрізання торця	h14	12,5	
		Пів чистове підрізання торця	h14	6,3	
2	Ø 200	Чорнове точіння	h14	12,5	
		Пів чистове точіння	h14	6,3	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-14.02.ТПВД

Арк.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
3	R 3	Чорнове точіння	h14	12,5	
		Пів чистове точіння	h14	6,3	
4	Ø300	Чорнове точіння	h14	12,5	
		Пів чистове точіння	h14	6,3	
5	Ø300- 250, 11°18'	Чорнове точіння під кутом	h14	12,5	
		Пів чистове точіння під кутом	h14	6,3	
6	R 6	Чорнове точіння	h14	12,5	
		Пів чистове точіння	h14	6,3	
7	Ø250, 6°50'	Чорнове точіння під кутом	h14	12,5	
		Пів чистове точіння під кутом	h14	6,3	
8	R 5	Чорнове точіння	h14	12,5	
		Пів чистове точіння	h14	6,3	
9	Ø250	Чорнове точіння	h14	12,5	
		Пів чистове точіння	h14	6,3	
10	Ø130	Чорнове розточування	H14	12,5	
		Пів чистове розточування	H14	6,3	
11	b3 2 канавки	Пів чистове точіння канавок	H14	6,3	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталі зображений головний вид Ролика утримуючого у розрізі в масштабі 1:2. Проставлені всі потрібні розміри з граничними відхиленнями та шорсткість, які необхідні для виготовлення деталі. Невказана шорсткість становить 6,3 за параметром Ra.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Операції технологічного процесу обробки визначаються послідовністю кроків, необхідних для обробки конкретної деталі, а саме:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

005 – токарна чорнова обробка: чорнове точіння поверхонь, підрізання торців, розточування, свердління.

010 – токарна чистова обробка: чистове точіння поверхонь, підрізання торців, розточування, обробка канавок.

Всі операції виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі MicroPanther 446



Рисунок 2.2 – Горизонтально – токарний верстат з ЧПК мод. MicroPanther 446

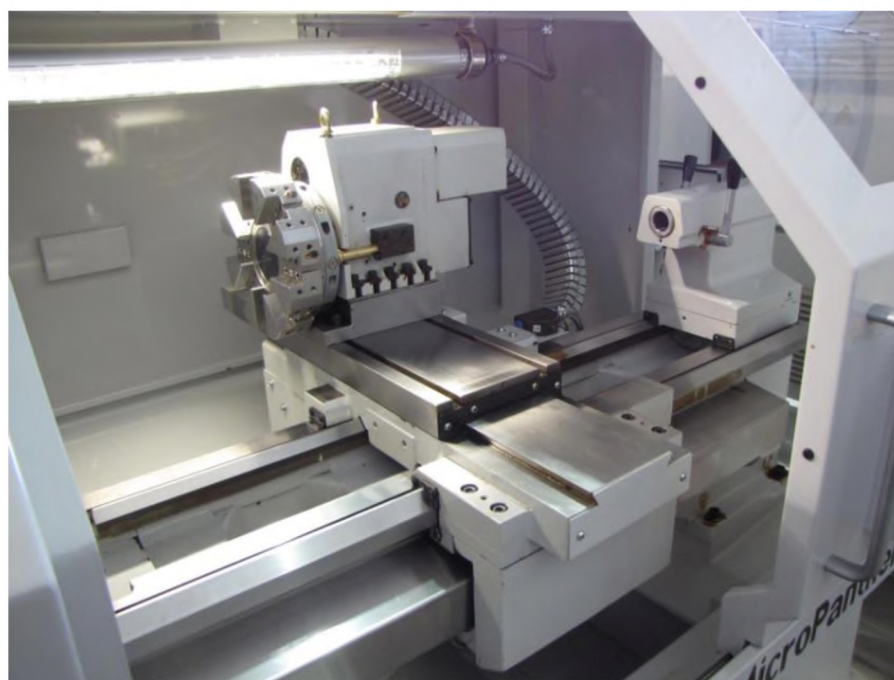


Рисунок 2.3 – Револьверна головка верстат з ЧПК мод. MicroPanther 446

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики

Зона обробки:

- Максимальний діаметр обробки над станиною – 446 мм
- Максимальний діаметр обробки над супортом – 240 мм
- Максимальний діаметр обробки над виямкою – 546 мм
- Максимальна довжина обробки (з револьверною головкою) – 650(QST)/600(LS) мм
- Відстань між центрами – 850 мм

Переміщення:

- вісь X – 250 мм
- вісь Z – 760 мм

Шпиндель:

- Частота обертів шпинделя – 3000 об/хв.
- Конус шпинделя – A2-5
- Діаметр отвору в шпинделі – 52 мм
- Потужність головного двигуна Siemens 7/10 кВт
- Потужність головного двигуна Fagor – 5,5/7,7 кВт

Револьверна головка:

- кількість гнізд для інструментів – 8 шт
- перетин різців – 20×20 мм

Швидка подача:

- вісь X – 15 м/хв
- вісь Z – 15 м/хв

Задня бабка:

- Переміщення пінолі – 165 мм
- Діаметр пінолі – 65 мм
- Конус пінолі – Морзе 4

Точність:

- Точність позиціювання – $\pm 0,005$ мм
- Повторність – 0,005 мм

Система охолодження:

- Продуктивність насоса подачі МОР – 20 л/хв
- Тиск насоса подачі МОР – 0,65(50 Гц) / 0,9 (60 Гц) кг/см³

Вага та габарити:

- Вага – 2100 кг
- Габаритні розміри (Висота×довжина×ширина) 2230×1620×1790 мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип верстату
1	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	MicroPanther 446
2	Чорнове точіння Пів чистове точіння	MicroPanther 446
3	Чорнове точіння Пів чистове точіння	MicroPanther 446
4	Чорнове точіння Пів чистове точіння	MicroPanther 446
5	Чорнове точіння під кутом Пів чистове точіння під кутом	MicroPanther 446
6	Чорнове точіння Пів чистове точіння	MicroPanther 446
7	Чорнове точіння під кутом Пів чистове точіння під кутом	MicroPanther 446
8	Чорнове точіння Пів чистове точіння	MicroPanther 446
9	Чорнове підрізання торця Пів чистове підрізання торця	MicroPanther 446
10	Чорнове розточування отвору Пів чистове розточування отвору	MicroPanther 446
11	Пів чистове точіння канавок	MicroPanther 446

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Враховуючи різноманітність та ефективність раніше розглянутих технологічних методів обробки поверхонь, ми віддаємо перевагу сучасним типам інструментів, які пропонуються як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Для кожної конкретної поверхні вибираємо відповідний тип інструменту та обґрунтовуємо цей вибір, надаючи ескіз інструменту. Усі дані заносяться до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п пов.	Найменування операції	Тип інструмента
1	2	3
1	Підрізання торця чорнове Підрізання торця півчистове	Прохідний різець для контурної обробки
2	Точіння чорнове Точіння пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
3	Точіння чорнове Точіння пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
4	Підрізання торця чорнове Підрізання торця пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
5	Точіння чорнове Точіння пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
6	Точіння чорнове Точіння пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
7	Точіння чорнове Точіння пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
8	Точіння чорнове Точіння пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
9	Підрізання торця чорнове Підрізання торця пів чистове	Прохідний різець для контурної обробки
10	Розточування пів чистове	Розточний різець
11	Точіння канавок Пів чистове	Спеціальний інструмент (фасонний різець)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>					
Розроб.		<i>Слізав</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>								
Реценз.								<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>								

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні властивості матеріалу деталі, методи обробки та верстати, використані для виготовлення металорізальних інструментів, ми визначаємо матеріал різальної частини та її геометричні параметри. Всі відповідні дані представлено у табл. 3.2 та 3.3.

Позиції: 1-9.

Чорнове: підрізання торця, точіння, точіння під кутом.

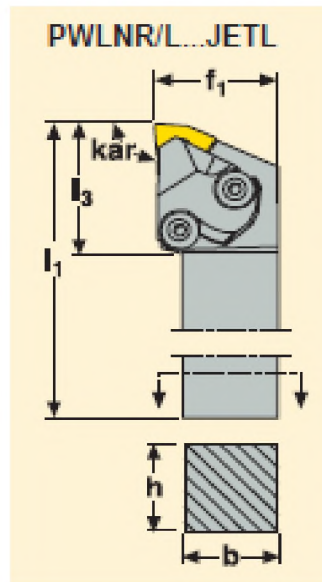


Рисунок 3.1 – Державка PWLNR 2020K08JETL [4, с. 129]

Геометричні параметри державки: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $l_1=125\text{мм}$; $f_1=27,2\text{мм}$; $l_3=32,6\text{мм}$.

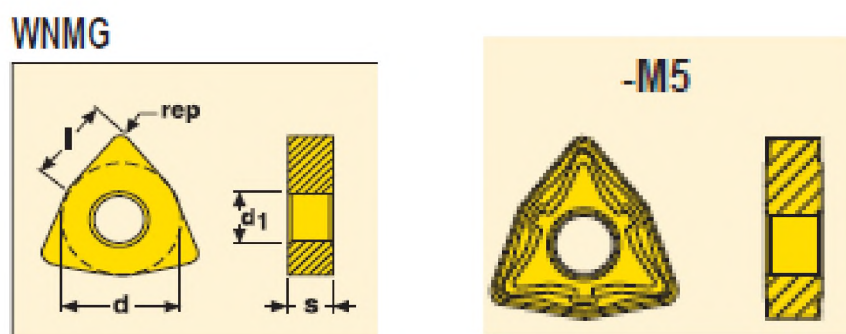


Рисунок 3.2 – Пластина WNMG 080408-M5 [4, с. 398]; покриття: TP2501 [4, с. 37]

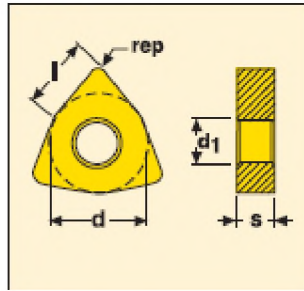
Геометричні параметри пластинки: $d=12,7\text{мм}$; $s=4,76\text{мм}$; $r=0,4-1,6\text{мм}$.

Півчистове: підрізання торця, точіння, точіння під кутом.

Геометричні параметри пластинки: $d=12,7\text{мм}$; $s=4,76\text{мм}$; $r=0,4-1,6\text{мм}$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

WNMG



-MF5

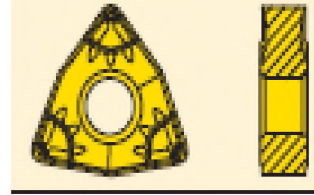


Рисунок 3.3 – Пластина WNMG 080408-MF5 [4, с.397]; покриття: TP1501 [4, с.37]

Позиція: 10.

Напівчистове: розточування отвору.

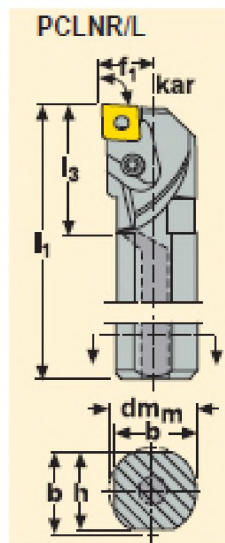
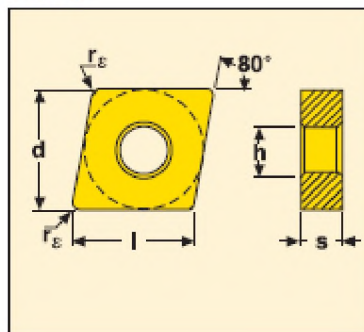


Рисунок 3.5 – Державка A20R - PCLNR09 [4, с. 275]

Геометричні параметри державки: $h=18\text{мм}$; $b=19\text{мм}$; $l_1=200\text{мм}$; $f_1=13\text{мм}$; $l_3=30\text{мм}$.

CNMG



-M3

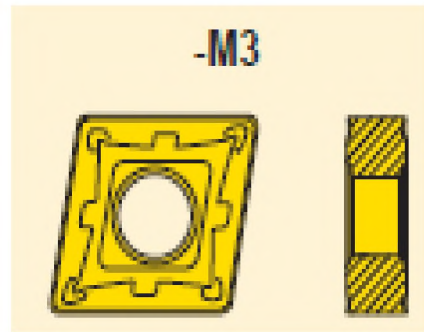


Рисунок 3.6 – Пластина CNMG 090308 M3 [4, с. 351]; покриття: TP2501 [4, с. 37]

Геометричні параметри пластинки: $d=9.53\text{мм}$; $s=3.18\text{мм}$; $r-0.4-0.8\text{мм}$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ з/п пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструменту
1-9	Прохідний різець для контурної обробки	Чорнова - TP2501 Пів чистова - TP 1501	PWLN 2020K08JETL	$\varphi=95^\circ$ $\varepsilon=80^\circ$ $\alpha=0$ $\gamma=-6^\circ$; $\lambda=-12^\circ$;
10	Розточний різець	Пів чистова - TP2501	A20R - PCLNR09	$\varphi=95^\circ$ $\varepsilon=80^\circ$ $\alpha=0$ $\gamma_0=-6$; $\gamma_s=-12$;
11	Фасонний різець	Сталь P18		

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ з/п пов.	Тип інструменту	Основні розміри інструменту, пластини		Матеріал ріжучої частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами	
		Державки:	Пластини:		Державка:	Пластини:
1-9	Прохідний різець для контурної обробки	Державки: h=20мм; b=20мм; l ₁ =125мм; f ₁ =27,2мм; l ₃ =36мм; $\gamma_0=-6$; $\gamma_s=-12$;	Пластини: Чорнова d=12,7мм; l=8.7мм; s=4.76мм; h=5,15мм; $r_{\varepsilon}=\text{гер}=0.4-1.6$ мм; Чистова d=12,7мм; l=8.7мм; s=4.76мм; h=5,15мм; $r_{\varepsilon}=\text{гер}=0.4-1.6$ мм;	Чорнова - TP2501 Пів чистова - TP 1501	Державка: PWLN 2020K08JETL	Пластини: Чорнова - WNMG 080408 - M5 Півчистова - WNMG 080408 - MF5
10	Розточний різець	Державки: d _m =20мм; h=18мм; b=19мм; l ₁ =200мм; f ₁ =13мм; l ₃ =30мм; D _{мін} =25мм; $\gamma_0=-6$; $\gamma_s=-12$;	Пластина півчистова: d=9.53мм; l=9.7мм; s=3.18мм; h=3.81мм; $r_{\varepsilon}=\text{гер}=0.4-0.8$ мм;	Півчистова - TP 2501	Державка: PWLN 2020K08JETL	Пластини: Пів чистова - CNMG 090308M3
11	Фасонний різець			Сталь P18		

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУКБР.131.24.1-14.03.ВРДІ					

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з вибраних типів інструментів аналізуються найбільш інтенсивні умови роботи, зокрема, при чорновій обробці. Шляхом врахування параметрів різання, таких як фізико-механічні властивості матеріалу деталі, параметри верстата і режими різання, визначаються сили різання. Застосування автоматизованих методів розрахунку режимів різання є бажаним. Перевірка прийнятого інструменту на міцність проводиться для умов найвищого навантаження під час обробки.

Для розрахунку обираємо прохідний різець PWLNR 202K08JETL, так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $l_1=125\text{мм}$; $f_1=27,2\text{мм}$; $l_3=36\text{мм}$.

WALTER		Калькулятор режимов резания 01.12.2019	Walter AG www.walter-tools.com
Точение Токарная обработка ISO			
P	Низколегированная сталь отожженная (HB 175, Rm 591 N/mm ²)		
Диаметр заготовки	308.00 Dc mm		
Скорость резания	1858 Vc m/min		
Частота вращения, об./мин	1920 n RPM		
Глубина резания	3.00 ap mm		
Главный угол в плане	90 k °		
Подача на оборот	0.02 fn mm/rev		
Минутная подача	38 vf mm/min		
Длина обработки	98 lm mm		
Передний угол	-6 y °		
КПД станка	98 η %		
Критерий износа	10 %		
Сила резания	325.97 Fc N		
Удельный съём материала	110.42 cm ³ /min		
Время обработки	2 Минут 33.13 Секунд		
Момент	49.75 Mc Nm		
Мощность	10.00 Pmot KW		

Рисунок 3.7 – Розрахунок режимів різання для чорнової обробки

1. Визначаємо силу різання: визначена розрахунком режимів різання
 $P_z = 325.97\text{Н}$
2. Ширина і висота перетину державки $h=20\text{ мм}$, $b=20\text{ мм}$.
3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ				

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{\text{здоп}} = \frac{bh^2\sigma_{\text{и.д.}}}{6l} = \frac{20 \times 20^2 \times 300}{6 \times 125} = 3200\text{Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{\text{зжорст}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11} \times 1.34 \times 10^{-8}}{(125 \times 10^{-3})^3} = 408.5\text{Н}$$

де: $f = 0.1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

$E = 2 \times 10^{11}$ Па – модуль пружності матеріалу державки;

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{20 \times 20^3}{12} = 1333.33\text{мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

$$P_{\text{здоп}} > P_Z < P_{\text{зжорст}}$$

$$3200 > 325,97 < 408,5$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи характеристики поверхонь посадочних місць верстатів для різальних інструментів та параметри таких поверхонь для різальних інструментів, ми визначаємо відповідні типи допоміжних інструментів [5] згідно з міжнародними стандартами для кожного вибраного різального інструменту. Цю інформацію ми узагальнимо в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Метало-різальний верстат (тип, модель)	Тип різучого інструменту	Параметри посадочного місця різучого інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1-9	MicroPanther 446	Прохідний різець для контурної обробки	b=20; h=20	Тримач для різців з квадратним перетином C6-ASHL-105-20JET1
10	MicroPanther 446	Розточний різець	dm _m =20; h=18; b=19	Тримач для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20
11	MicroPanther 446	Фасонний різець	d=13 (H8)	Державка для фасонних розточних різців

					КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі

Інструментальний набір складається з різального основного інструменту, допоміжних інструментів та посадкових поверхонь металорізального верстата, і вони встановлені у послідовному порядку.

Розробку інструментального налагодження проводимо на токарну операцію. Операції проводимо на верстаті Doosan Lunx220 серії А.

Інструментальний комплекс складається за даними таблиць 3.1-3.3 відповідно до технологічної операції. Дані занесено в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Структура інструментального комплексу чи системи

№ з/п пов.	Найменування операції	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (шифр інструменту)
1-9	Контурне точіння	MicroPanther 446	Прохідний різець для контурної обробки PWLNR 2020K08JETL	Тримач для різців з квадратним перетином С6-ASHL-105-20JETI
10	Розточування	MicroPanther 446	Розточний різець A20R - PCLNR09	Тримач для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20
11	Розточування	MicroPanther 446	Фасонний різець	Державка для круглих фасонних розточних різців

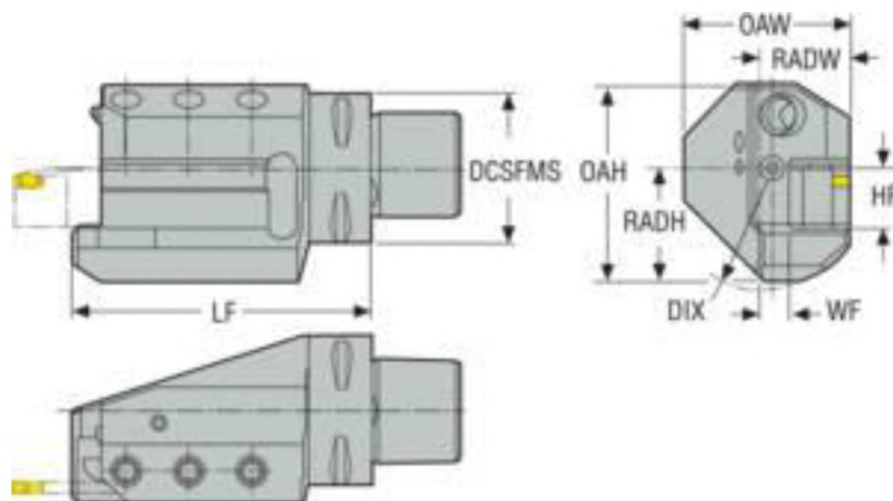


Рисунок 3.8 – Тримач для різців з квадратним перетином С6-ASHL-105-20JETI:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри тримача для різців з квадратним перетином С6-ASHL-105-20JETI:

СТМС (з'єднання) - С6, СТWS = 20x20 мм (з'єднання з боку заготовки), DCSFMS = 63 мм (діаметр поверхні контакту з боку верстату), DIX = 85 мм (максимальний діаметр), HF) = 20 мм (функціональна висота, LF = 105 мм (функціональна довжина), OAH = 69 мм (загальна висота), OAW = 63.5 мм (загальна ширина), RADH = 37 мм (висота за радіусом), RADW = 30 мм (ширина за радіусом), WF = 10 мм (функціональна ширина).

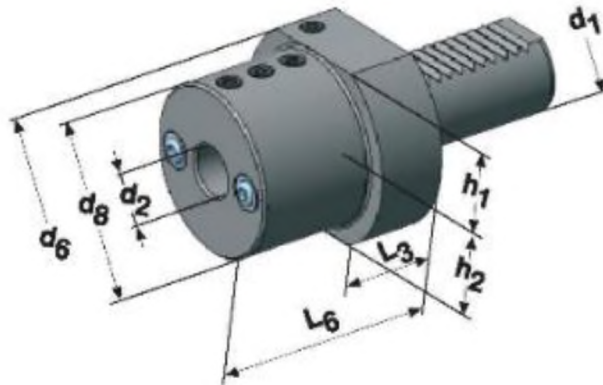


Рисунок 3.9 – Тримач для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20

Геометричні параметри тримача для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20: $d_1=40$ мм, $d_2=20$ мм, $d_6=83$ мм, $d_8=55$ мм, $h_1=32.5$ мм, $l_3=22$ мм, $l_6=75$ мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі вивчення способів обробки поверхонь та аналізу відповідних видів ріжучих інструментів ми проводимо розрахунок спеціального інструмента для різання – дискового фасонного розточного різця.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки – Сталь 65Г;

Твердість – 241 НВ;

Стан поверхні – після механічної обробки;

Діаметр отвору до обробки – $130_{-0,028}^{+0,012}$;

Діаметр отвору після обробки – 134^{+1} ;

Шорсткість поверхні – Ra 6,3;

Ширина точіння – 9 мм;

Верстат – MicroPanther 446, потужність приводу – 10 кВт, максимальна довжина ходу салазок - 760 мм, максимальна частота обертів шпинделя – 3000 об/хв;

Стан верстату – задовільний;

Тип виробництва – масове.

Порядок розрахунку:

1. Визначаю габаритні розміри різця в залежності від найбільшої глибини профілю деталі, яка виготовляється за [1, табл.45, с. 134].

Так як оброблювана поверхня – отвір $\varnothing 130$ мм, а максимальна глибина профілю точіння - 4мм, приймаємо наступні габаритні розміри для різця:

$D=50$ мм, $d(H8)=13$ мм, $d_1=20$, $b_{max}=9$ мм, $K=3$ мм, $r=1$ мм, $D_1=28$ мм, $d_2=5$ мм, $L_p=12$ мм, $l_1=6$ мм, $l_2=1,5$ мм.

Для полегшення введення різця в отвір, верхню частину різця зрізую під кутом 50° .

2. Визначаю геометричні елементи леза різця відповідно до матеріалу заготовки за [1, табл.47, с. 136].

Приймаю передній кут $\gamma = 12^\circ$, та задній кут $\alpha = 8^\circ$.

3. Визначаю розміри ріжучих кромки різця за даними [1, с. 136-137].

- $a=2$ мм – ширина додаткової кромки для зміцнення, $c=3$ мм – ширина кінцевої ріжучої кромки (при обробці фаски приймають значення рівним ширині фаски з перекриттям 1-1,5мм), $\varphi_1=45^\circ$ – кут кінцевої ріжучої кромки (для знімання фасок $\varphi_1 = \varphi_{фас}$), допоміжні кути для обробки фаски та канавки приймаємо рівними 3° .

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.04.ПІАРІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Слізав</i>			<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

4. Виконую розрахунок профілю різця графічним способом.

Будую профіль заготовки, для чого проводжу вісь, від якої відкладаю відповідні розміри профілю заготовки і будує у лівому нижньому куті креслення повний профіль.

Проектую отримані точки 1, 2, 3, 4, 5, 6 профілю на вісь 00 і отримую точки 1', 2', 3', 4', 5', 6'.

З центру 0 проводжу окружності відповідних радіусів $r=150$, $r=67$, $r=65$, у результаті чого отримую проекцію заготовки на площину, перпендикулярну до вісі заготовки.

Визначаю зовнішній діаметр різця. З центра заготовки 0 проводжу дві окружності радіусами, один з яких рівний найбільшому, а інший найменшому радіусу заготовки. Через точку 1' під кутом γ до вісі 00 проводжу лінію (слід) передньої поверхні різця. Таким самим чином з точки 1' проводжу лінію під кутом α .

На відстані K від точки 1' проводжу лінію BB_1 , перпендикулярно до лінії 00. Відстань K - мінімальна відстань, необхідна для відведення стружки від передньої поверхні різця, обирають на 3-10 мм більшу максимальної глибини профілю заготовки t_{max} за [2, табл. 46, с.150]. З точки B, у якій лінія BB_1 перетинається з передньою поверхнею, проводжу лінію, що ділить кут ω навпіл ($\omega=\alpha+\gamma=8^\circ+12^\circ=20^\circ$). Точка перетину цієї лінії та лінії, що йде під кутом $\alpha=8^\circ$, буде шуканою точкою O_2 - центр дискового різця, що дозволяє визначити його діаметр.

Будую профіль фасонного різця у радіальному перетині: проводжу лінію MM; відкладаю від неї осьові розміри 2, 3, 4, які відповідають осьовим розмірам заготовки, що обробляється; проектуючи точки перетинів окружностей радіусів $R=23$, $R=25$, $R=26$ з лінією O_2O_3 , яка проходить через центр різця, на лінію, паралельну лінії MM, отримую профіль фасонного різця у радіальному перетині (точки 1'', 2'', 3'', 4'', 5'', 6'').

Виконую робоче креслення різця.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Після проведених розрахунків дискового фасонного розточного різця вносимо отримані дані для аналізу в SolidWorks Simulation, та фіксуємо отримані параметри. Спочатку, ми закріплюємо розроблений інструмент і застосовуємо необхідні сили (див. рис. 4.1).

Потім ми створюємо сітку кінцевих елементів (див. рис. 4.2).

Цей процес призводить до отримання трьох варіантів симуляції.

У симуляції «Напруження» ми аналізуємо області дії певного тиску на ріжучу частину інструменту та їх вплив на геометрію різця. Максимальні та мінімальні значення цього тиску заносяться до таблиці 4.1.

У симуляції «Переміщення» ми спостерігаємо зміщення ріжучої кромки відносно початкового положення. Максимальні та мінімальні значення зміщення також фіксуються і вносяться до таблиці 4.2.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-14.04.ПІАРІ						

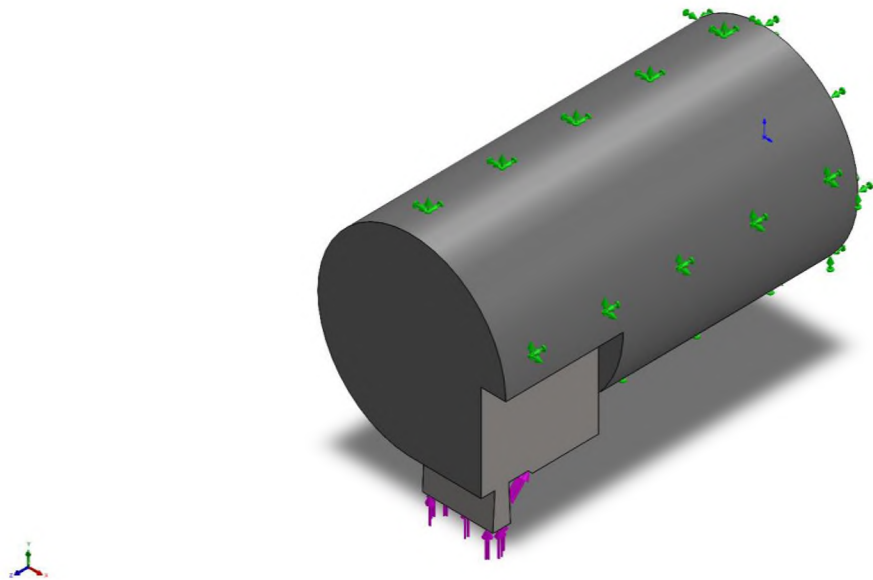


Рисунок 4.1 – Введення даних для моделювання в SolidWorks Simulation

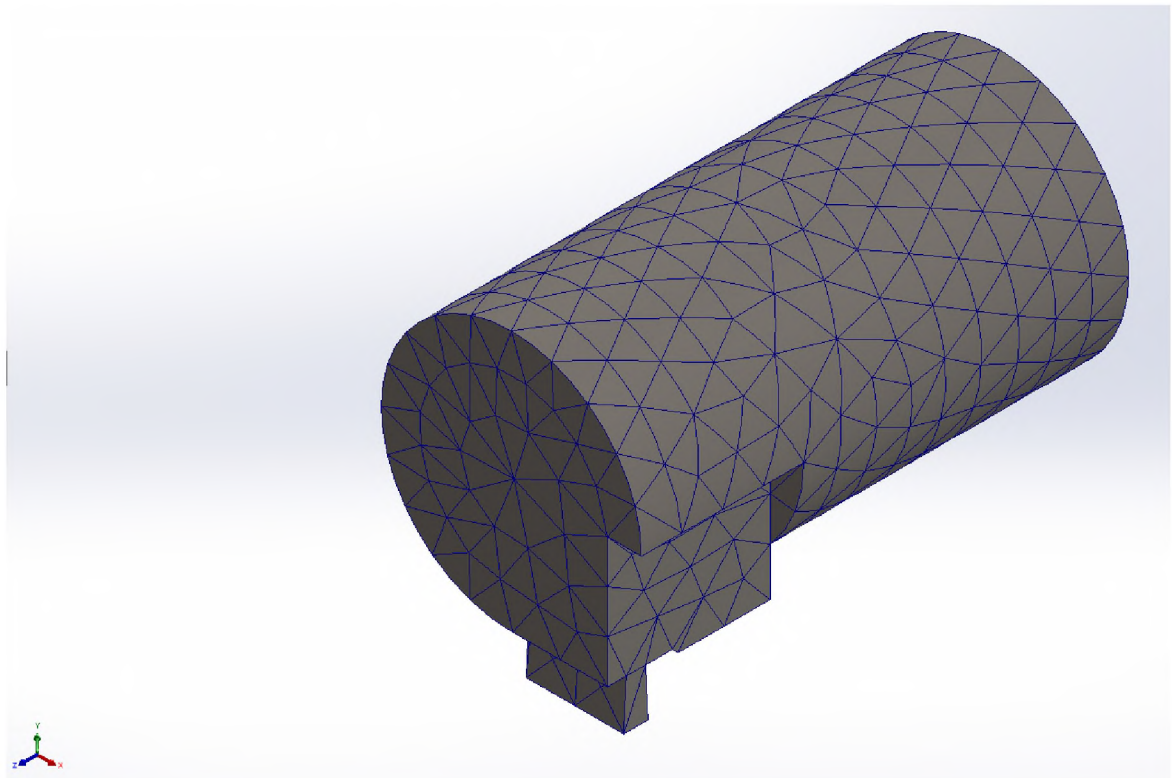


Рисунок 4.2 – Створена сітка кінцевих елементів у SolidWorks Simulation

Таблиця 4.1 – Параметри симуляції «Напруження» в SolidWorks Simulation

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Напруження	VON: Напруження Von Mises	1,591e+01N/m ² Узел: 37	8,326e+07N/m ² Узел: 44659

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

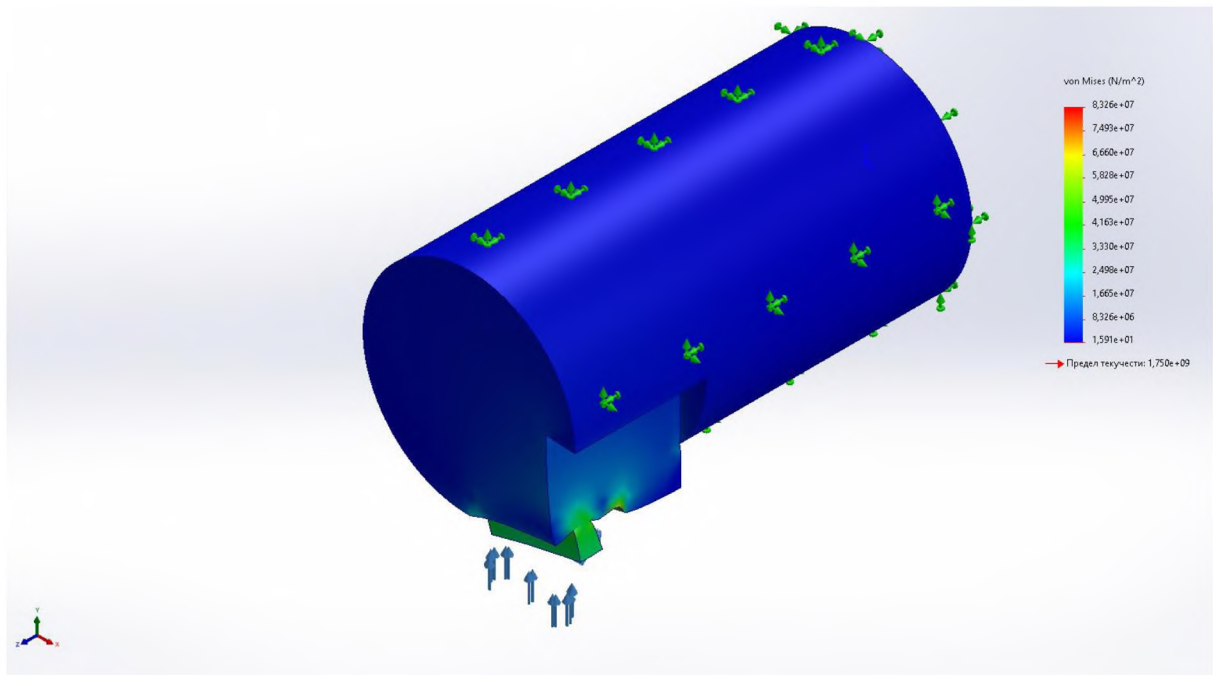


Рисунок 4.3 – Отримані «Напруження» в Simulation

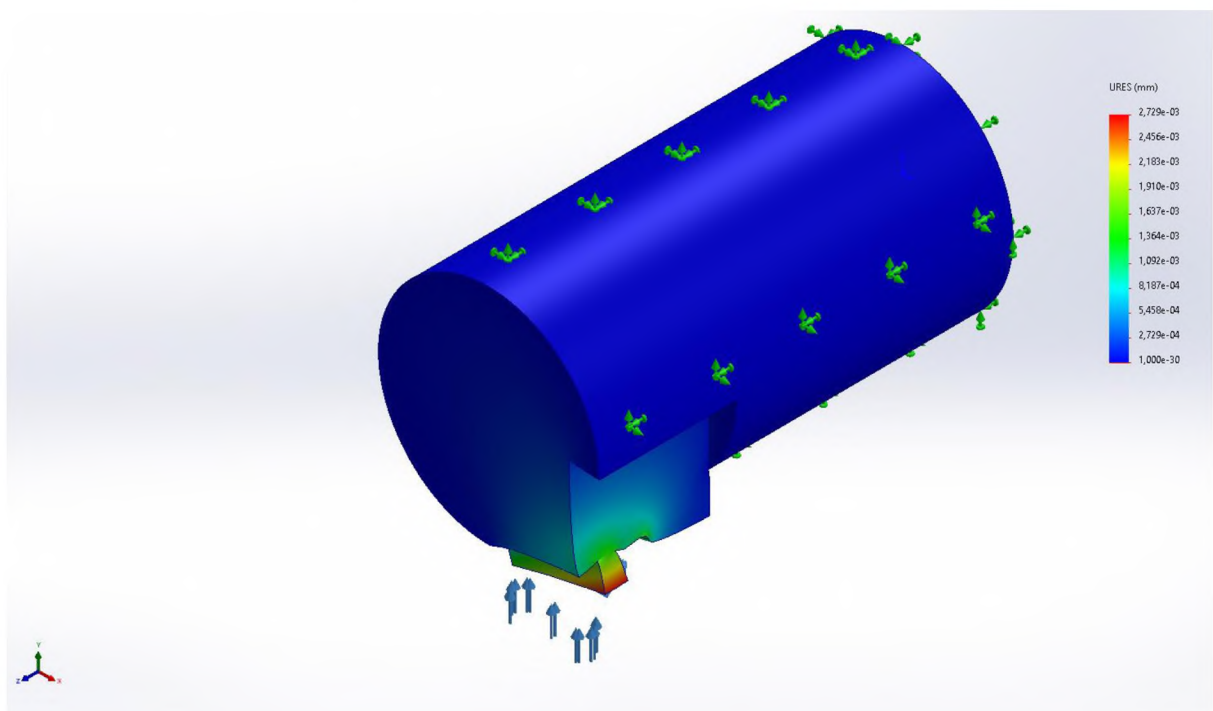


Рисунок 4.4 – Отримані «Переміщення» в Simulation

Таблиця 4.2 – Параметри симуляції «Переміщення» в SolidWorks Simulation

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Переміщення	URES: Результат переміщення	0,000e+00mm Узел: 1	2,729e-03mm Узел: 10

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

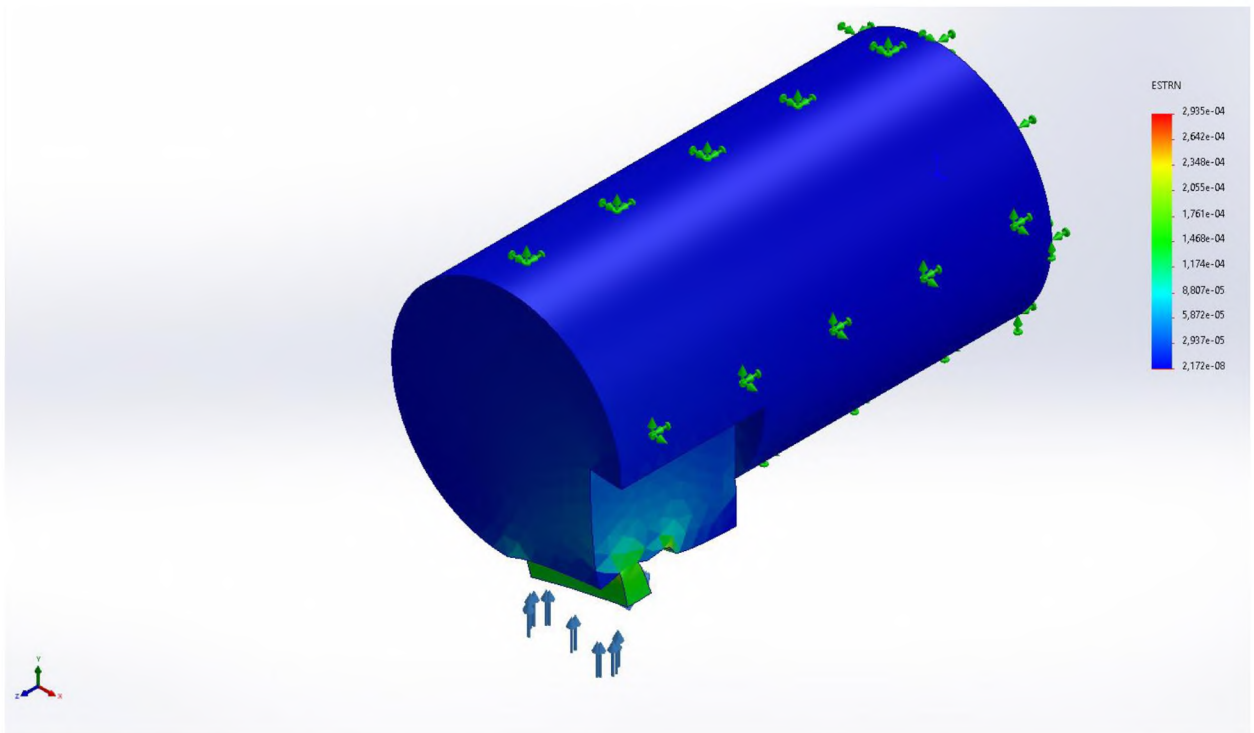


Рисунок 4.5 – Отримані «Деформація» в Simulation

Під час симуляції «Деформація» ми вивчаємо можливі деформації ріжучої частини інструменту в областях, які піддаються силовим впливам під час різання. Максимальні та мінімальні значення деформації також заносяться до табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Параметри симуляції «Деформація» в SolidWorks Simulation

Ім'я	Тип	Мін	Макс
Деформація	ESTRN: Еквівалентна Деформація	2,172e-08 Елемент: 13549	2,935e-04 Елемент: 20276

Висновком з цих симуляцій є усвідомлення вразливих місць фасонного інструменту. У цьому випадку особливою зразковою є контур кромки, який повторює контур канавки в деталі. Щоб запобігти таким вразливим місцям на кромці, рекомендується переглянути геометрію всього фасонного інструменту з метою зміни загального контуру обробки, який охоплює цей ріжучий інструмент.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Ми розробляємо програму керування для операцій на ЧПК для токарного обладнання, яке використовується на горизонтально-токарному верстаті MicroPanther 446 (див. рис. 2.2). Технічні характеристики цієї моделі верстата детально описані в другому розділі пояснювальної записки. Моделювання процесу обробки та створення керуючої програми виконується за допомогою програмного середовища FeatureCAM.

Система числового програмного керування (CNC) Fagor 8055 є популярною серед виробників оброблювального обладнання та має ряд технічних характеристик і особливостей:

1. Модульність: Fagor 8055 зазвичай пропонується у вигляді модульної системи, що дозволяє вибирати різні конфігурації залежно від потреб користувача та характеристик обладнання.

2. Підтримка різних типів машин: Ця система може бути використана для керування різноманітними видами верстатів, включаючи токарні, фрезерні, свердлильні та інші.

3. Програмування: Fagor 8055 зазвичай підтримує різні методи програмування, включаючи ISO-коди, підтримку G-кодів та можливість використання CAM-систем для створення програм обробки.

4. Інтерфейс: Має інтуїтивний інтерфейс користувача з LCD-дисплеєм та клавіатурою для зручного введення команд та налаштувань.

5. Висока швидкість обробки: Fagor 8055 зазвичай відомий своєю високою швидкістю обробки, що дозволяє підвищити продуктивність та ефективність виробництва.

6. Підтримка додаткових функцій: Вона може мати додаткові функції, такі як компенсація інструменту, автоматичне визначення розміру заготовки, системи вимірювання інструментів тощо.

7. Надійність і стабільність: Fagor відомий своєю надійністю та стабільністю роботи, що робить його популярним вибором для виробників оброблювального обладнання.

Загалом, Fagor 8055 – це потужна та надійна система числового програмного керування, яка задовольняє потреби виробників у багатьох галузях промисловості.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.05.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Слізав</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Ми проведемо моделювання процесу обробки у програмі Feature CAM, щоб створити керуючу програму для обробки деталі «Ролик утримуючий». Для цього ми використовуватимемо вихідні дані про технічні характеристики верстата та інформацію про використовуваний металорізальний інструмент, яку ми вже визначили у третьому розділі пояснювальної записки кваліфікаційної роботи. На рисунках 5.1-5.7 будуть представлені етапи симуляції обробки та отримані результати моделювання.

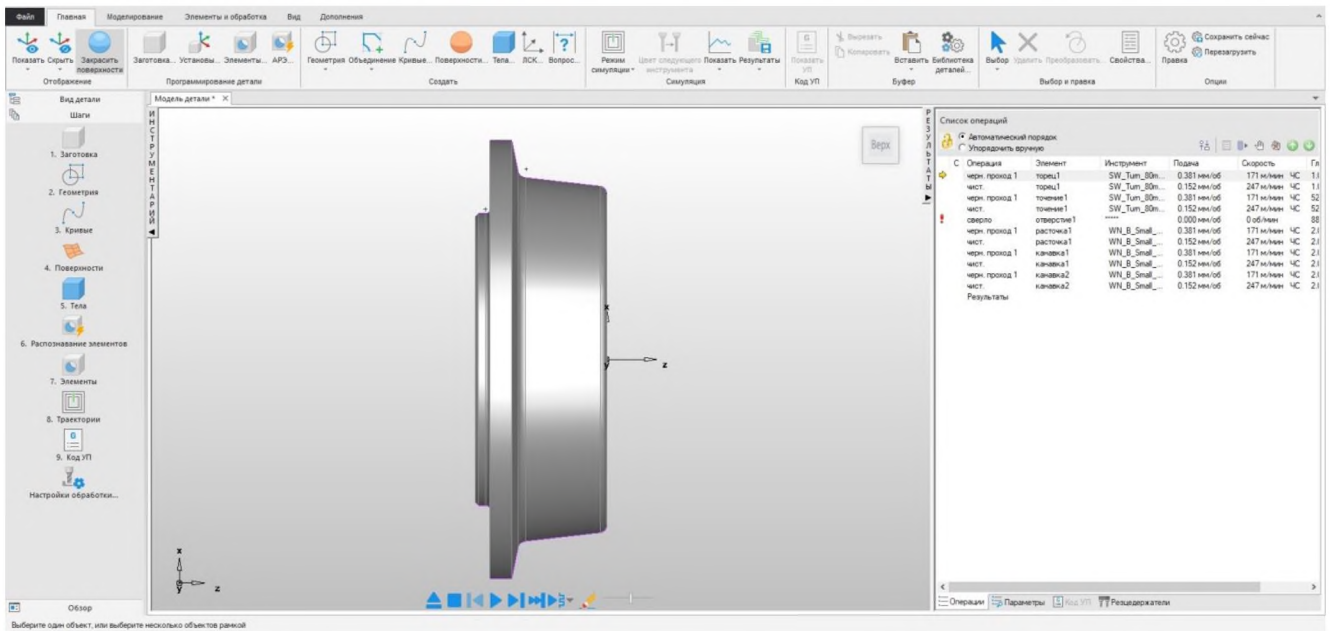


Рисунок 5.1 – Послідовність обробки деталі «Ролик утримуючий»

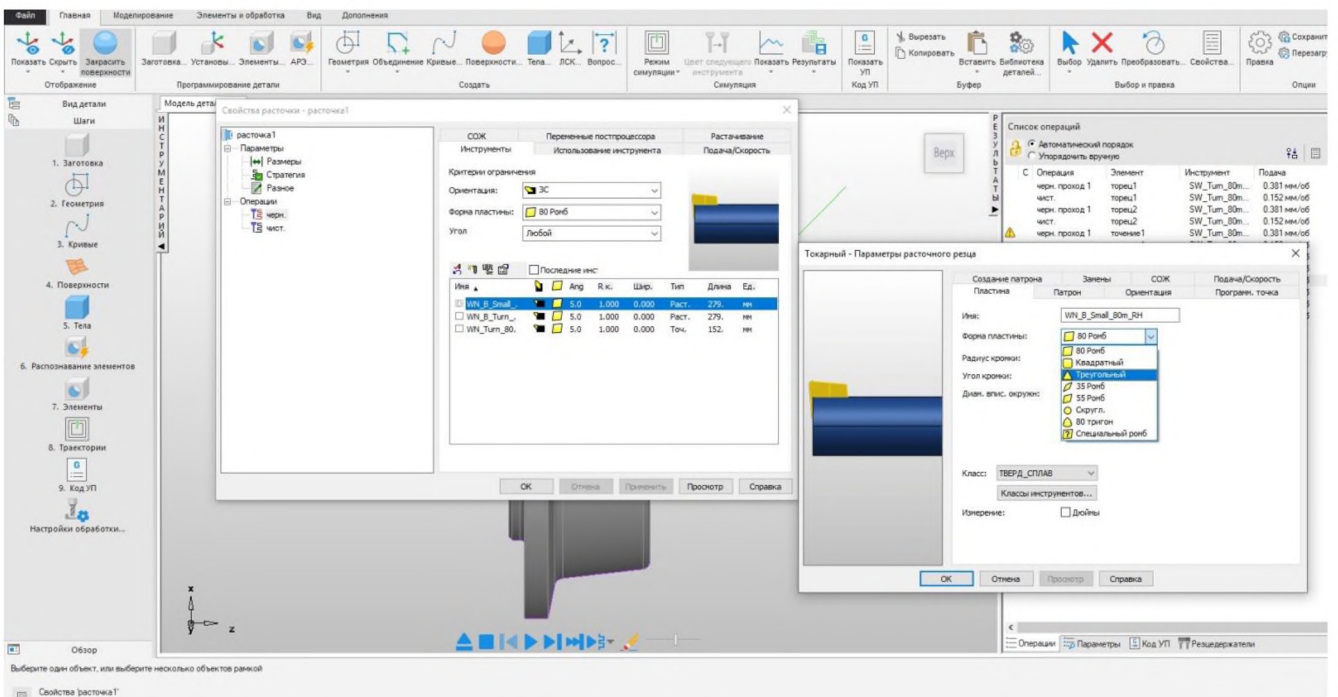


Рисунок 5.2 – Підбір металорізального інструменту для обробки роликун

ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-14.05.МПОМО

Арк.

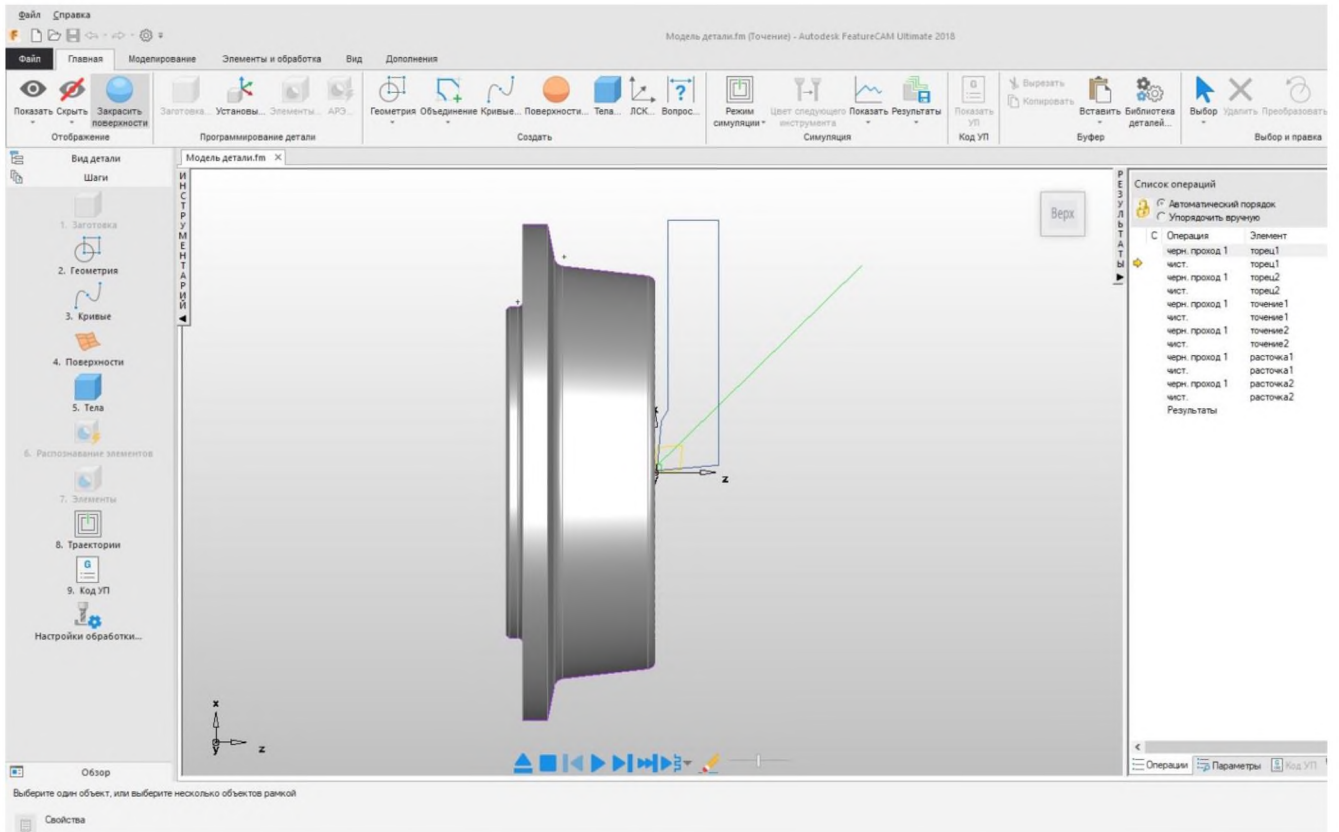


Рисунок 5.3 – Візуалізація у Feature CAM процесу підрізання торця деталі «Ролик утримуючий»

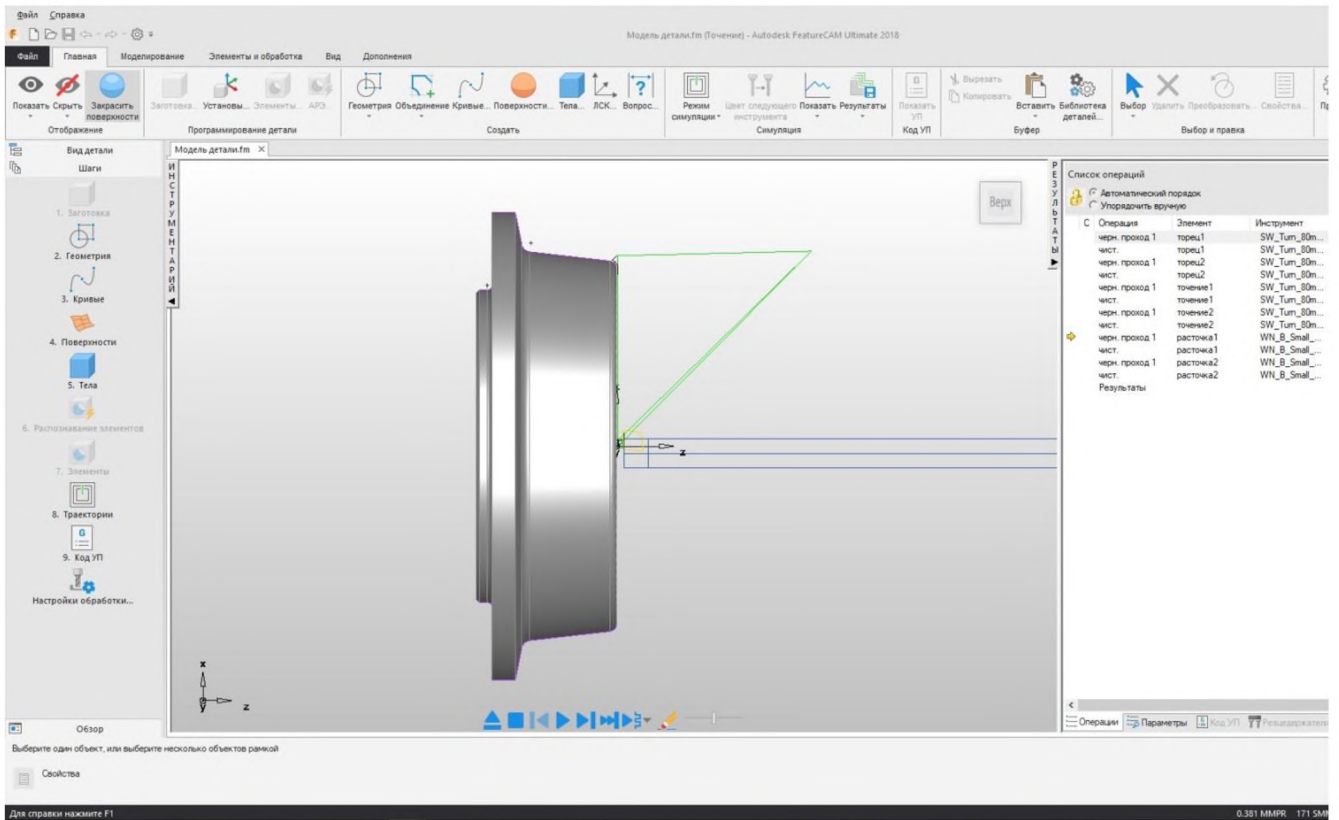


Рисунок 5.4 – Візуалізація у Feature CAM процесу підрізання торця деталі «Ролик утримуючий»

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

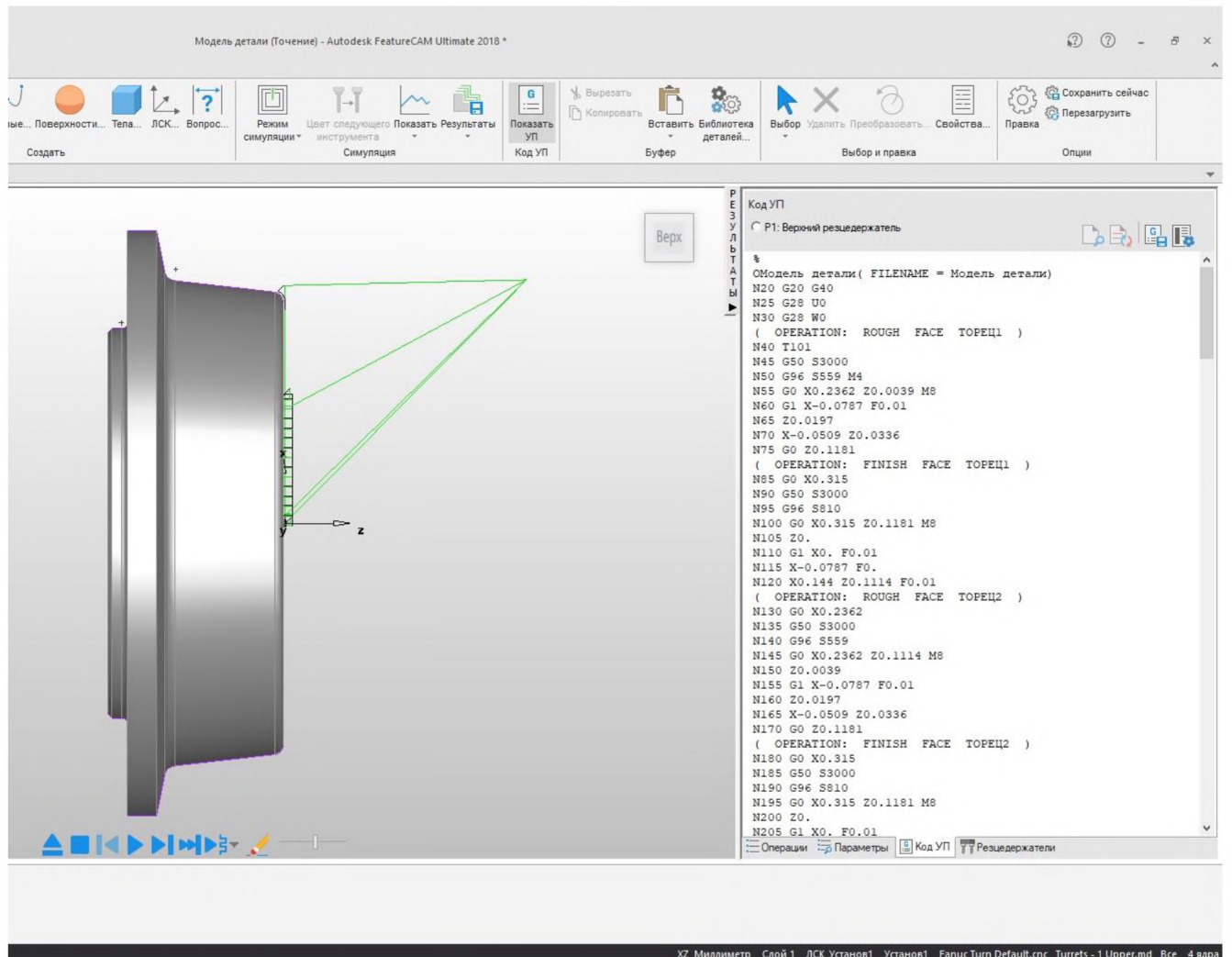


Рисунок 5.7 – Ролик утримуючий – траєкторія обробки та фрагмент отриманої керуючої програми

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проаналізуємо два можливих методи обробки деталі «Ролик утримуючий», використовуючи програмний інструмент Economical_Linksmoon (див. рис. 6.1-6.4). Ми порівняємо витрати за двома сценаріями: заготовки шестерні залишаються тими ж, але використовуються різні верстати. Конкретно, ми порівняємо два універсальних токарні верстати 1К62 та 16К20Ф3 з горизонтально-токарним верстатом з ЧПК мод. MicroPanther 446, щоб розрахувати технологічну собівартість.

Входные данные

Перед началом ввода убедитесь, что включена АНГЛИЙСКАЯ РАСКЛАДКА КЛАВИАТУРЫ и включен NUM LOCK. Затем с помощью правой цифровой панели клавиатуры введите требуемые данные. Для перехода в следующее поле используйте клавишу TAB...

Трудоёмкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт	1500	1500
Штучное время обработки детали, мин	110	87

Время настройки станка в течение года	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	125	60.5

Время настройки инструмента вне станка на протяжении года	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	14	4
Среднее количество граней пластинки, шт	1	3
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90

Количество станочников	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2

Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Эффективный годовой фонд времени работы станка	3955	3955
Коэффициент загрузки станка	0.8	0.88

Балансовая стоимость станка	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Оптовая цена станка	379000	273000

Масса станка, т	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
	11	9.8

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.1 – Кадр 1 розрахунку в програмі Economical_Linksmoon

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.06.0ЕПВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Слізав</i>			організаційно- економічна підготовка виробництва		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

Входные данные

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	16.6	7.5
Кoeffициент, учитывающий доп. площадь станка	3	4
Площадь устройства ЧПУ, м	1.8	2
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	4
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	800	1500
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	889	889
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	13000	14000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	15500	15500
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	11000	11000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	12000	12000
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	3
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	21
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	15	42

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.2 – Кадр 2 розрахунку в програмі Economical_Linksmoon

Входные данные

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	130.1	140.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	27.4	47.7
Кoeffициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	595	595
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	3780	6760

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.3 – Кадр 3 розрахунку в програмі Economical_Linksmoon

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 6.4 – Кадр результатів розрахунку в програмі Economical_Linksmoon

Після аналізу представлених у програмі кадрів стає очевидним, що використання верстата з ЧПК (MicroPanther 446) призводить до отримання економічного вигаду в розмірі 9167488 грн. При цьому, проект повертає інвестиції протягом 3,08 роки. Отже, впровадження верстата MicroPanther 446 можна вважати обґрунтованим і доцільним.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Машинобудівне виробництво є однією з ключових галузей промисловості, яка забезпечує розвиток економіки та технологічний прогрес. Проте разом зі своїми безсуперечними перевагами воно також має значний вплив на навколишнє середовище. У цій доповіді ми розглянемо основні проблеми, які виникають у машинобудівному виробництві з точки зору екології, а також шляхи їх вирішення.

6.2.1 Основні проблеми

1. Викиди та забруднення атмосфери: Однією з основних проблем є викиди токсичних речовин та шкідливих газів у повітря. Це може бути спричинено процесами зварювання, обробки металів, фарбування та іншими технологічними операціями.

2. Водне забруднення: У машинобудівній галузі використовуються різноманітні розчинники, оливи, а також інші хімічні речовини, які можуть потрапити у водні джерела в результаті недоліків у системах очищення води або незаконного скиду.

3. Генерація відходів: Процеси машинобудівного виробництва породжують велику кількість відходів, які часто містять небезпечні речовини. Неконтрольоване скидання таких відходів може призвести до серйозного забруднення ґрунту та водойм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Енергоефективність: Багато процесів в машинобудівному виробництві вимагають великих обсягів енергії, що призводить до значного використання паливних ресурсів та викидів парникових газів.

6.2.2 Шляхи вирішення проблем

1. Впровадження чистих технологій: Важливим кроком є використання технологій, які зменшують викиди шкідливих речовин. Це може бути використання сучасних систем очищення повітря, впровадження екологічно чистих матеріалів та технологій виробництва.

2. Ефективне управління відходами: Контрольована обробка та утилізація відходів є ключовим елементом зменшення впливу машинобудівного виробництва на навколишнє середовище. Рециклінг матеріалів і повторне використання відходів може допомогти зменшити негативний вплив.

3. Стандартизація та регулювання: Урядове регулювання та встановлення стандартів екологічної безпеки може стимулювати компанії до впровадження більш екологічно чистих технологій та практик.

4. Стимулювання інновацій: Фінансові заохочення та підтримка для досліджень і розробок в галузі екологічних технологій можуть сприяти швидшому впровадженню новаторських рішень.

Висновок

Машинобудівне виробництво потребує уваги до його впливу на довкілля. Шляхи зменшення негативного впливу включають в себе використання чистих технологій, ефективне управління відходами, регулювання та стимулювання інновацій. Збалансоване поєднання економічних, технічних та екологічних аспектів допоможе забезпечити сталі розвиток машинобудівного виробництва, зберігаючи при цьому навколишнє середовище для майбутніх поколінь.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході дослідження в рамках кваліфікаційної роботи розглядалася деталь «Ролик утримуючий», яка входить до складу візка пересування тельфера. Проведено аналіз вузла, до якого ця деталь відноситься, включаючи розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником.

Відповідно до поверхонь деталі було підібрано відповідний металорізальний інструмент та спроектовано спеціальний інструмент, а саме дисковий фасонний розточний різець. Також був проведений розрахунок на міцність токарного різця, який використовується під час чорнових операцій, оскільки саме тут спостерігається найбільший руйнівний вплив.

Інженерний аналіз спеціального інструменту (дискового фасонного розточного різця) був проведений у програмному забезпеченні SolidWorks. Для закріплення різального інструменту в верстаті було обрано сучасне обладнання, а також допоміжний інструмент.

У програмному продукті Feature CAM було розроблено процес обробки деталі та створено відповідну керуючу програму. Розрахунки техніко-економічних показників показали, що заміна двох універсальних верстатів на один горизонтально-токарний верстат з ЧПК мод. MicroPanther 446 є доцільною, а строк окупності складає 3,08 роки.

Крім того, були розроблені креслення деталі, верстатно-інструментального налагодження, спеціального різального інструменту, а також проведено моделювання процесу обробки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Слізов</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Нечаєв</i>						
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.
2. Нефёдов Н.А., Осипов К.А. «Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебн. пособие для техникумов по предмету "Основы учения о резании металлов и режущий инструмент". – 5-3 изд., перераб. и доп. – М.:Машиностроение", 1990. –448 с.:ил.
3. Грановский Г.И., Панченко К.П. "Фасонные резцы"– М.:Машиностроение", 1975. –309 с.:ил
4. Фірма "Secotools", каталог "Токарная обработка", 2015.
5. Офіційний сайт фірми "Secotools", <https://www.secotools.com/>
6. Фірма "EROGLU", [Каталог "Оснастка и приспособления для станков"](#), 2011.
7. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
8. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
9. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
10. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
11. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
12. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.
13. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768–2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.
14. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.
15. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-14.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Слізів</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>								
Реценз.										
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>								

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі
«Ролик утримуючий» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Слізов В.П.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

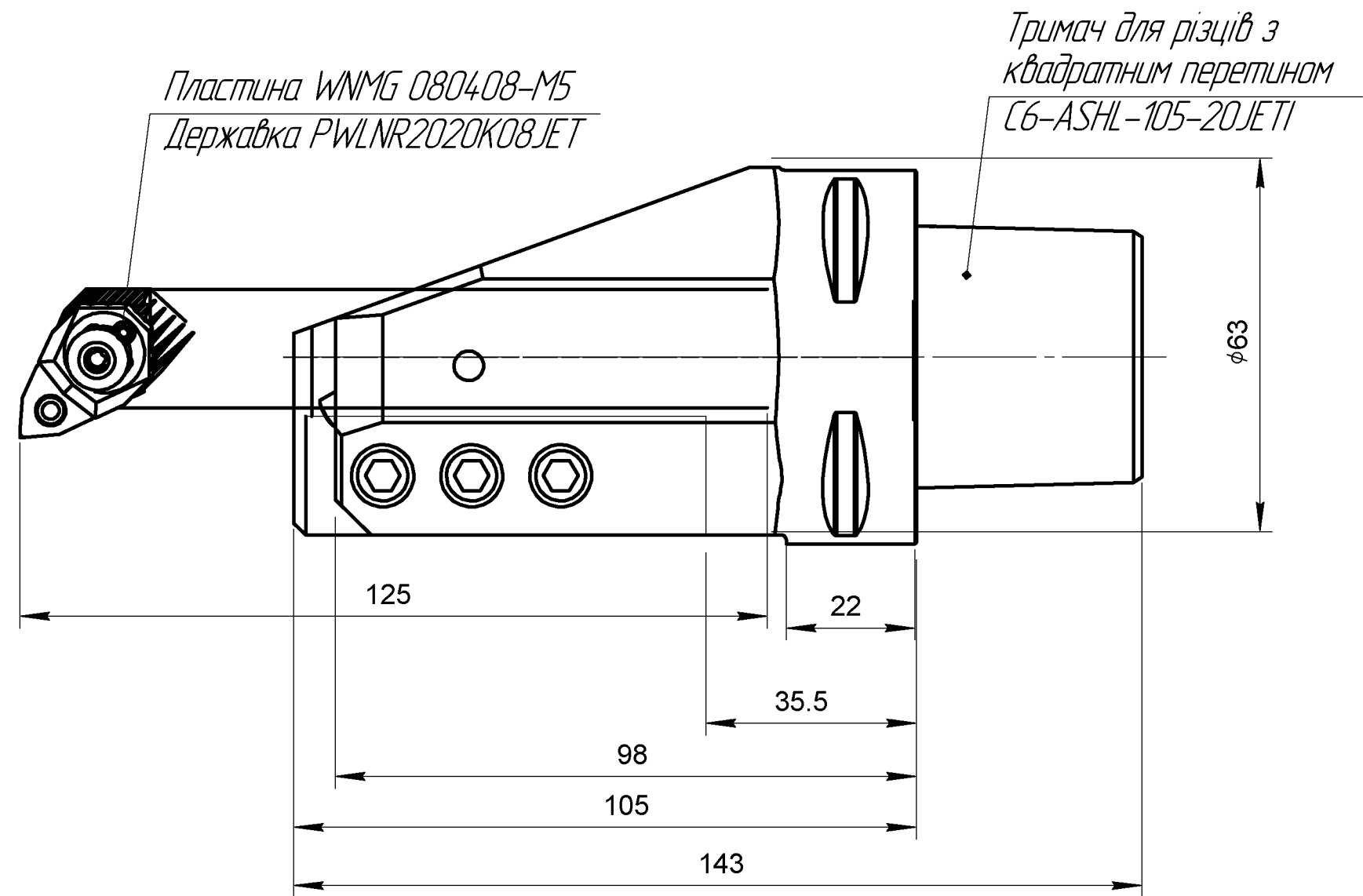
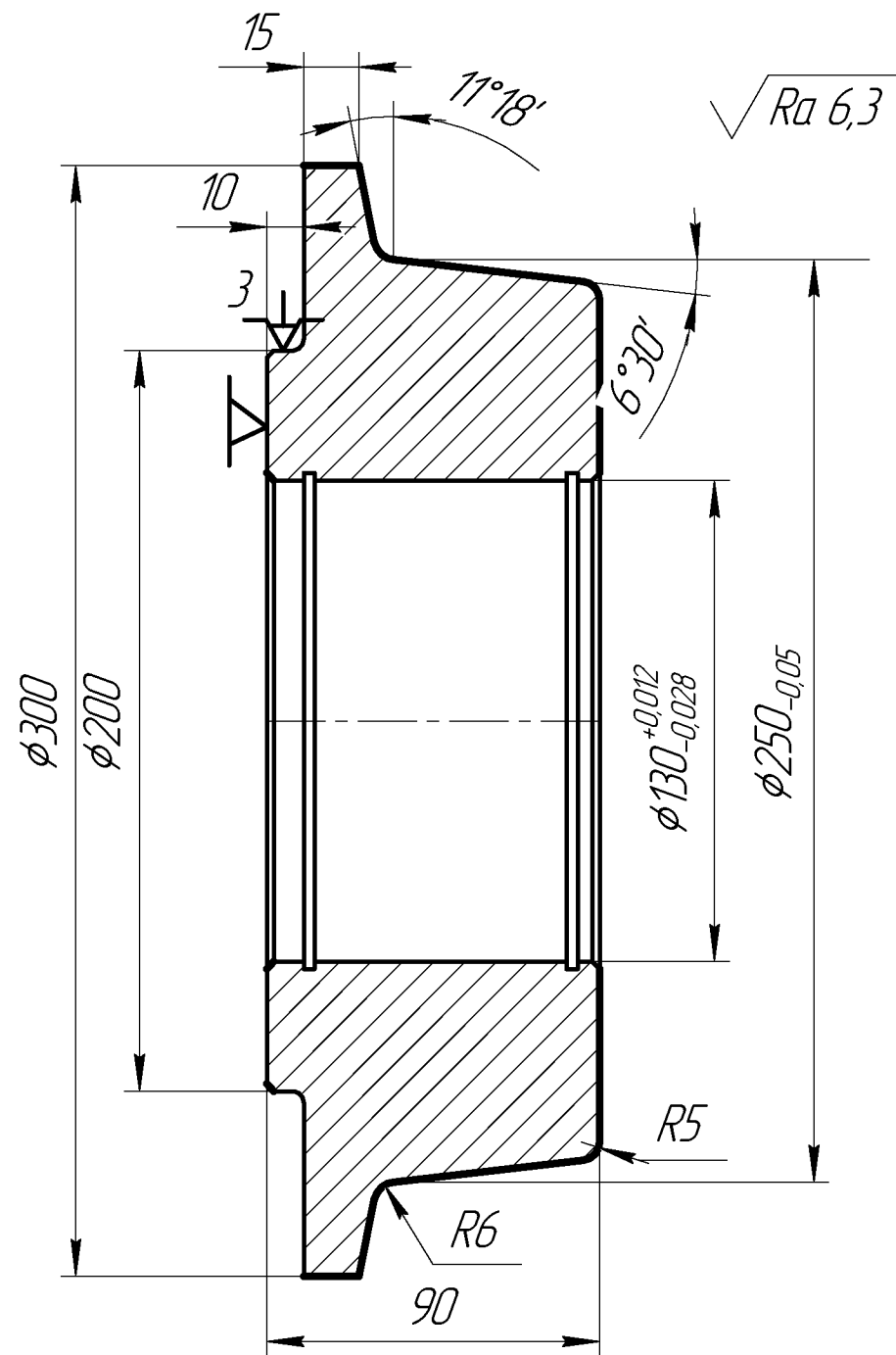
Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

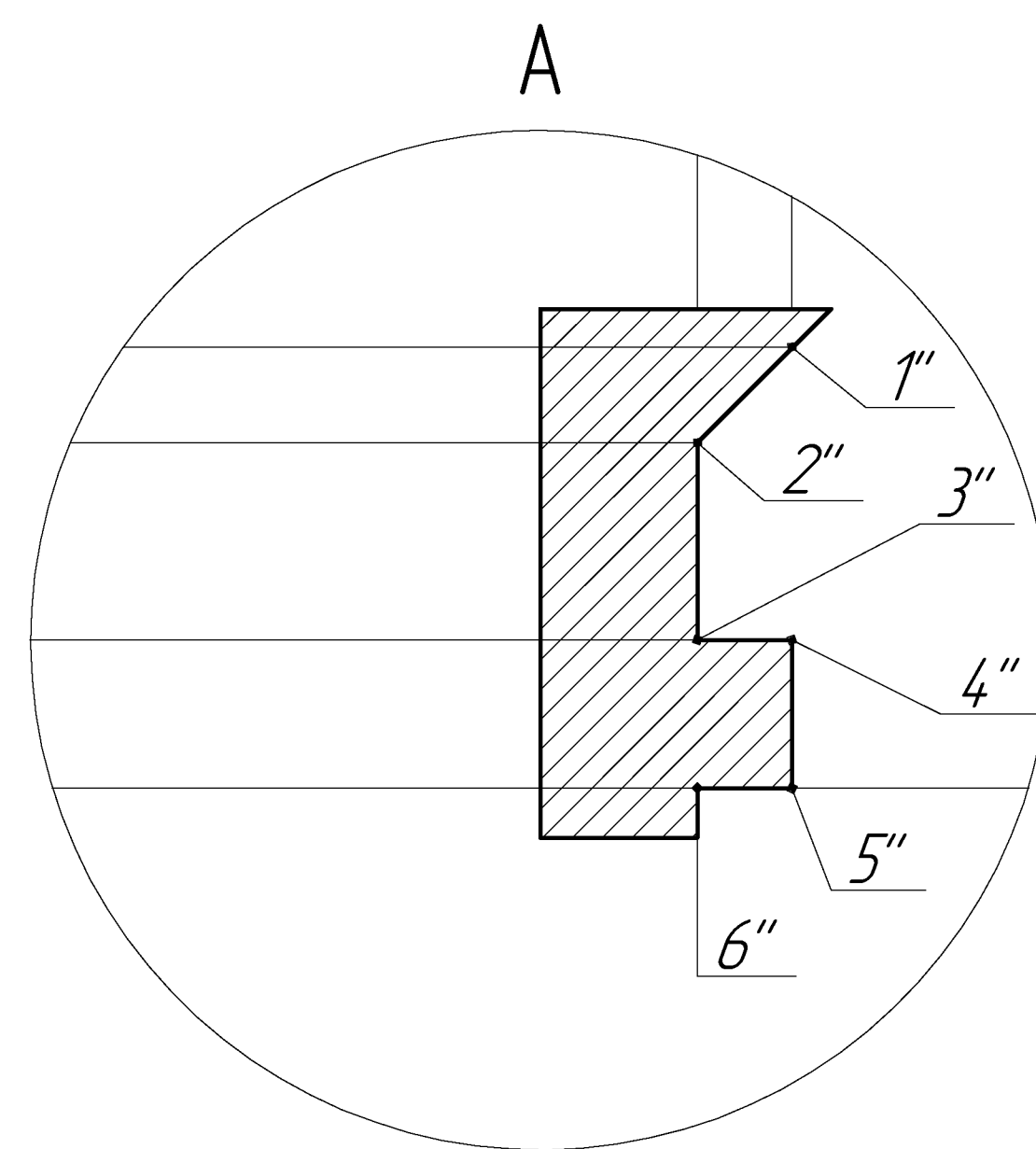
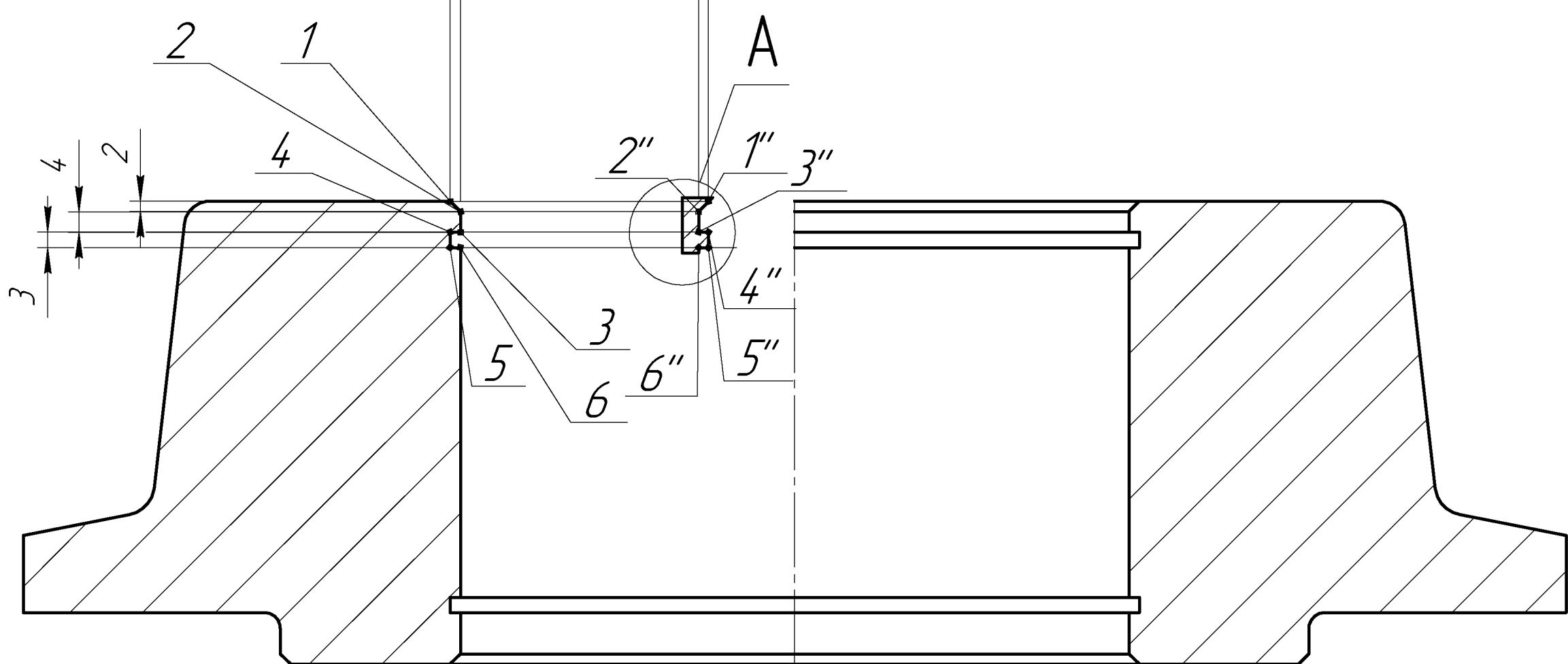
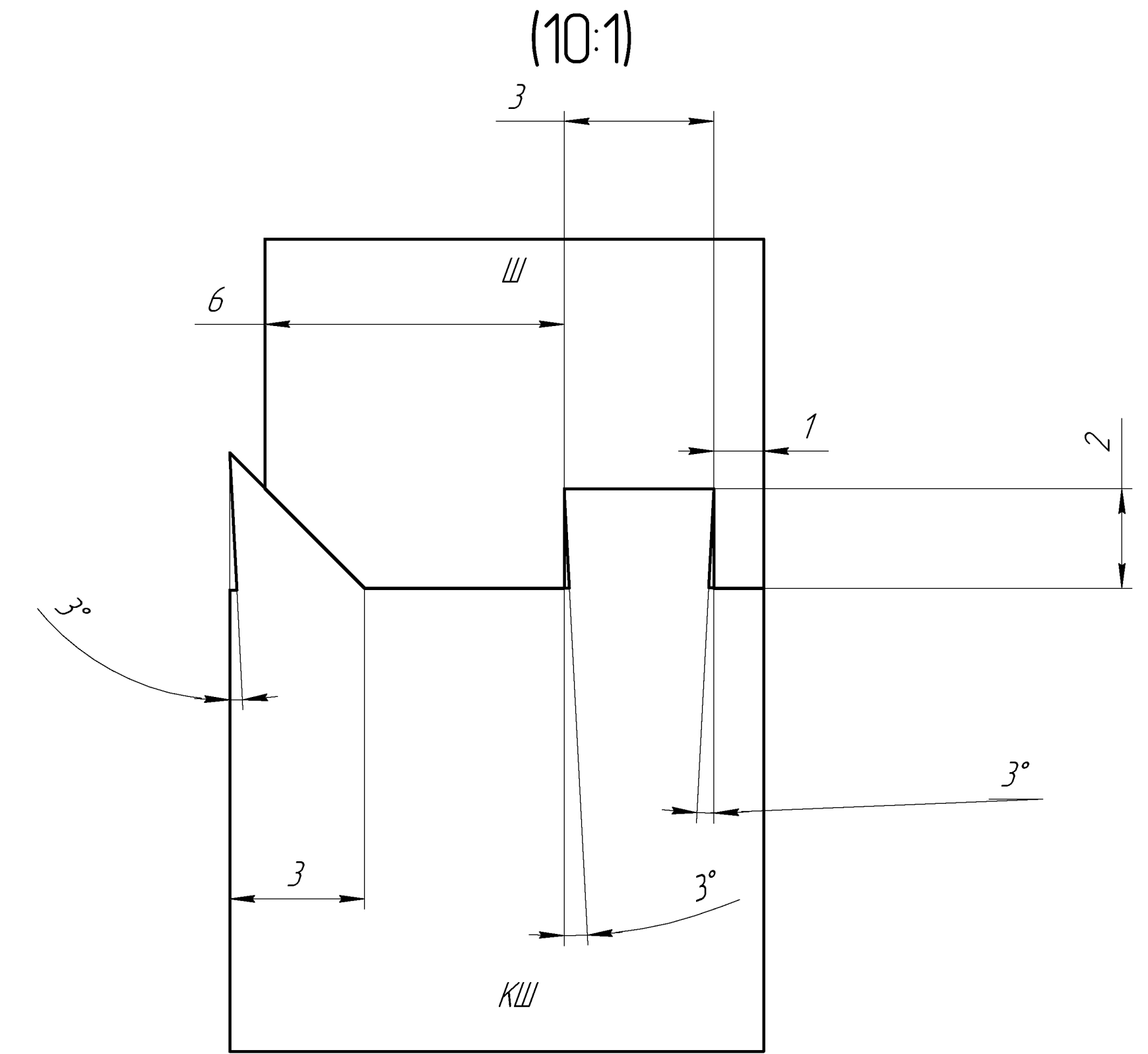
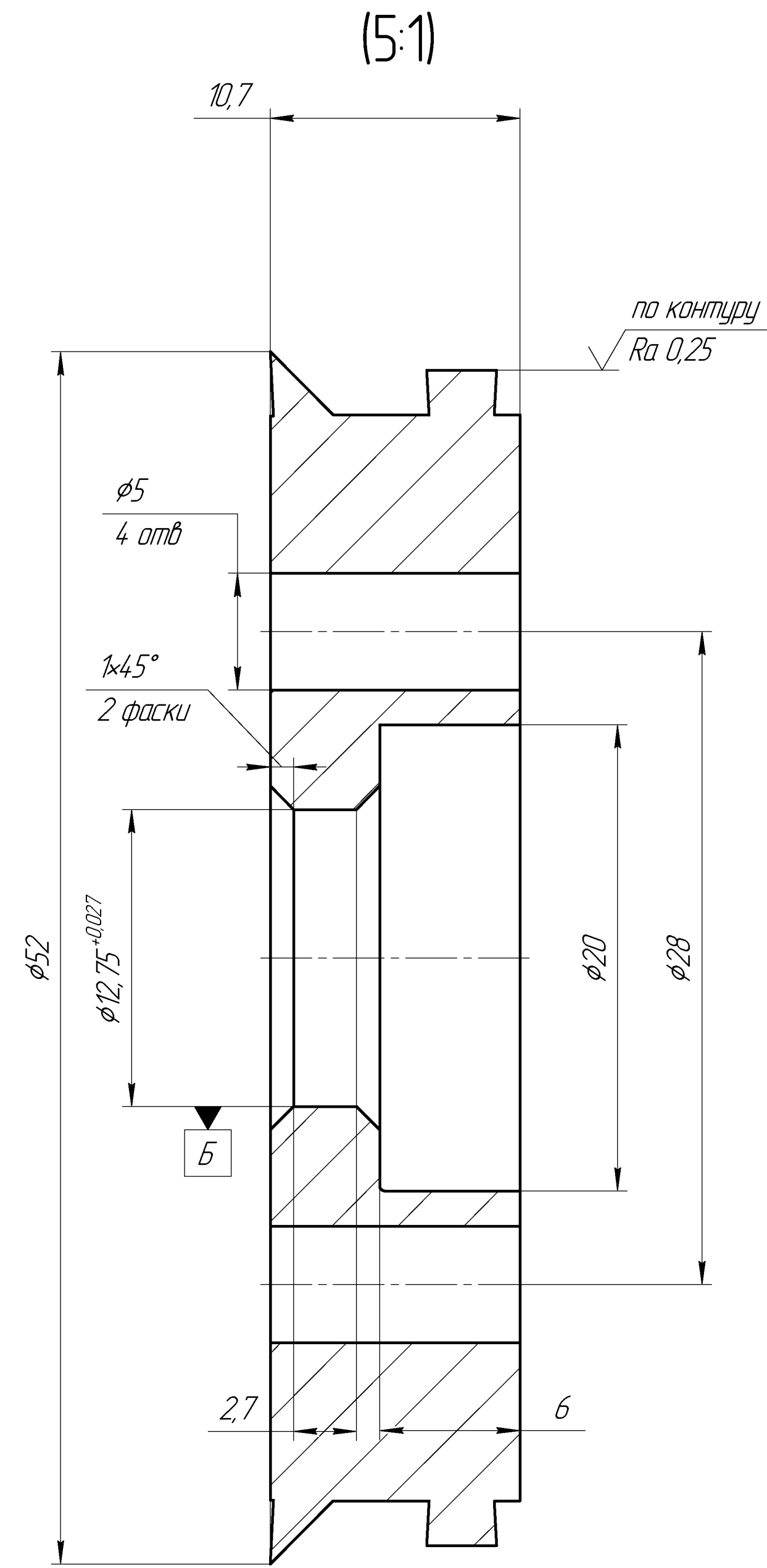
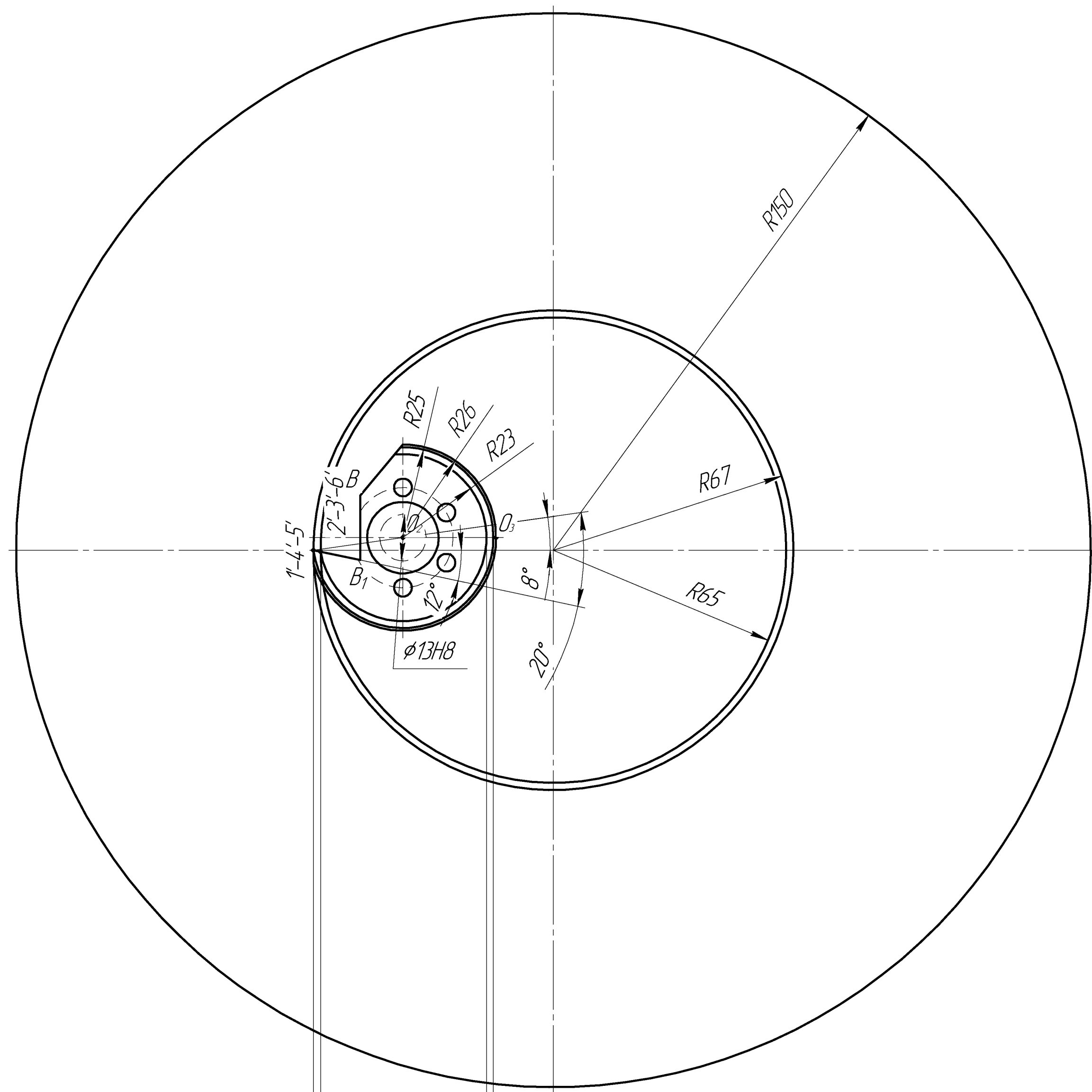
(підпис)

Нечаєв В.П.

M (1:1)



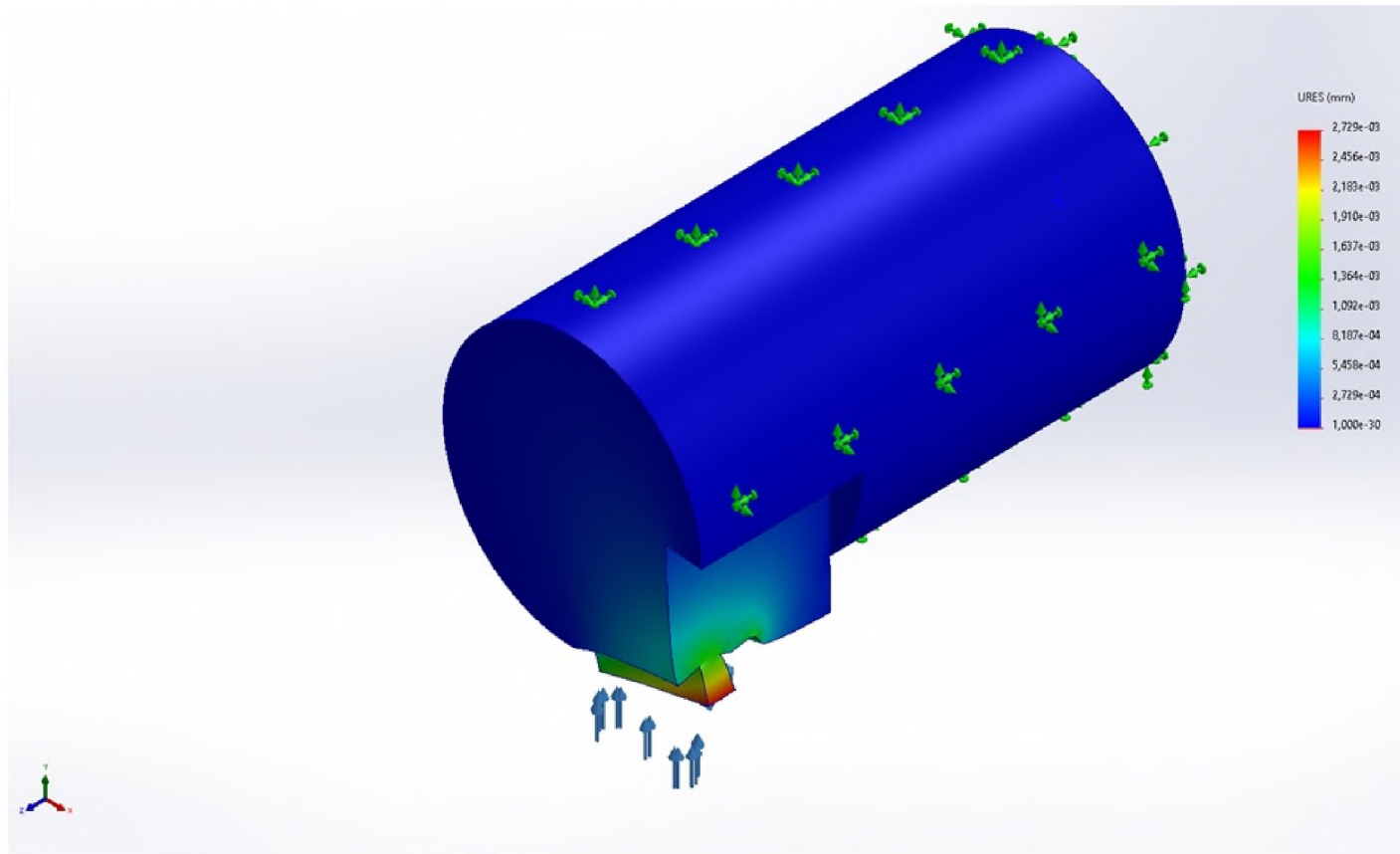
				КНУ.КБР.131.24.1-14.ВІН			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Слізов				Н	25,5	1:2
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ			
Затв.	Нечаєв			гр. ПМ-20			



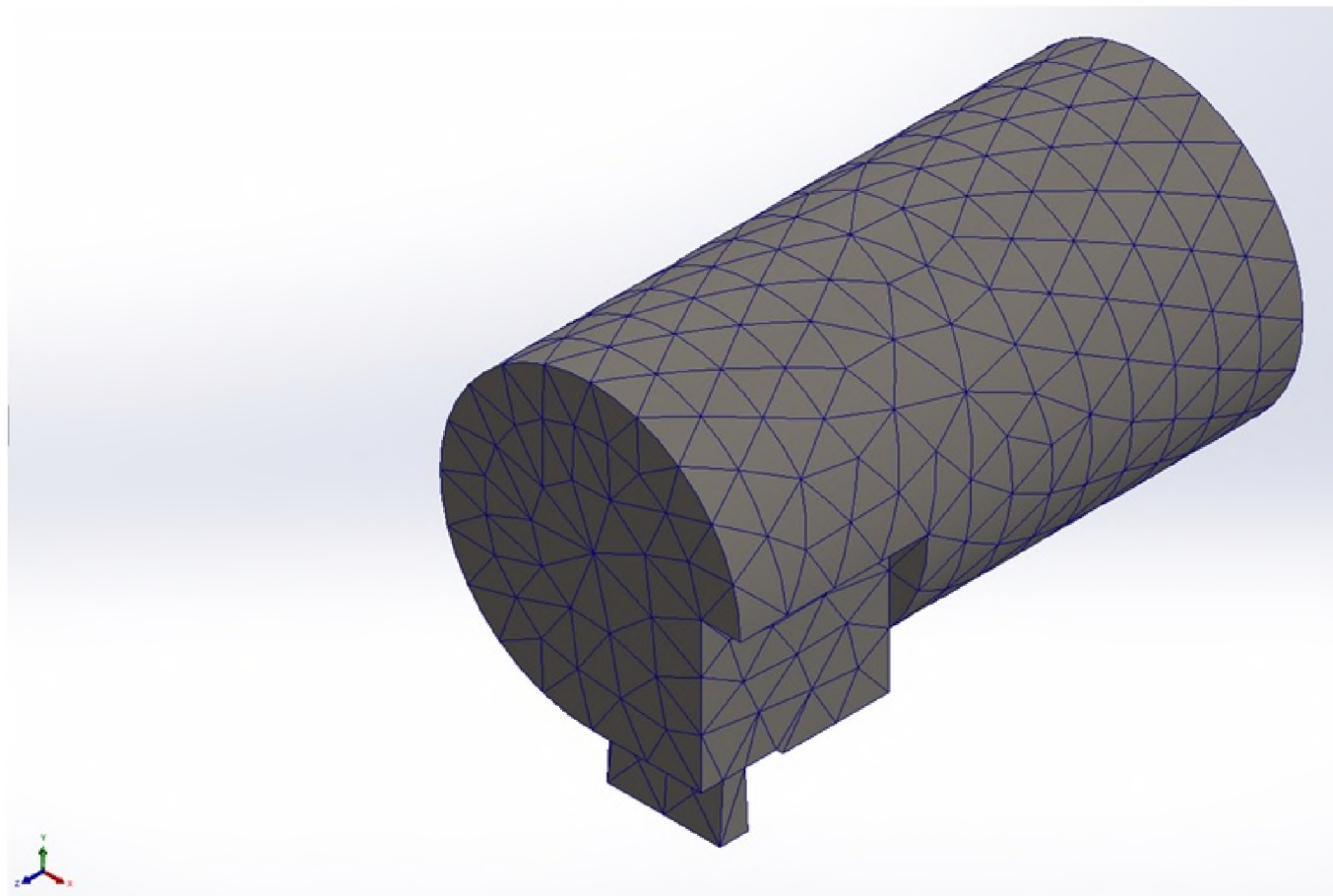
- 1 Твердість різця 63..66 HRC.
- 2 Матеріал шаблону і контршаблону - сталь Х12 або інша для вимрювальних інструментів.
- 3 Твердість шаблону і контршаблону 62..65 HRC.
- 4 Розміри контурних точок профілю різця отримати корегуючим розрахунком з відхиленням до 0.001 мм.
- 5 Невказані граничні відхилення: Н14, h14, ± 2^{IT14}.

				КНУКБР.13124-1-14.РФД		
Вір. Лист	№ док.м.	Підп.	Дата	Різець фасонний дисконий		
Розроб.	Сл.зод.			Лит.	Маса	Масштаб
Проб.	Нечисл.			Н		1:1
Т.контр.				Лист	Листов	1
Н.контр.	Резанцев			Сталь Р18 ДСТУ 7304:2013		
Узд.	Нечисл.			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
				Копірабат		
				Формат А1		

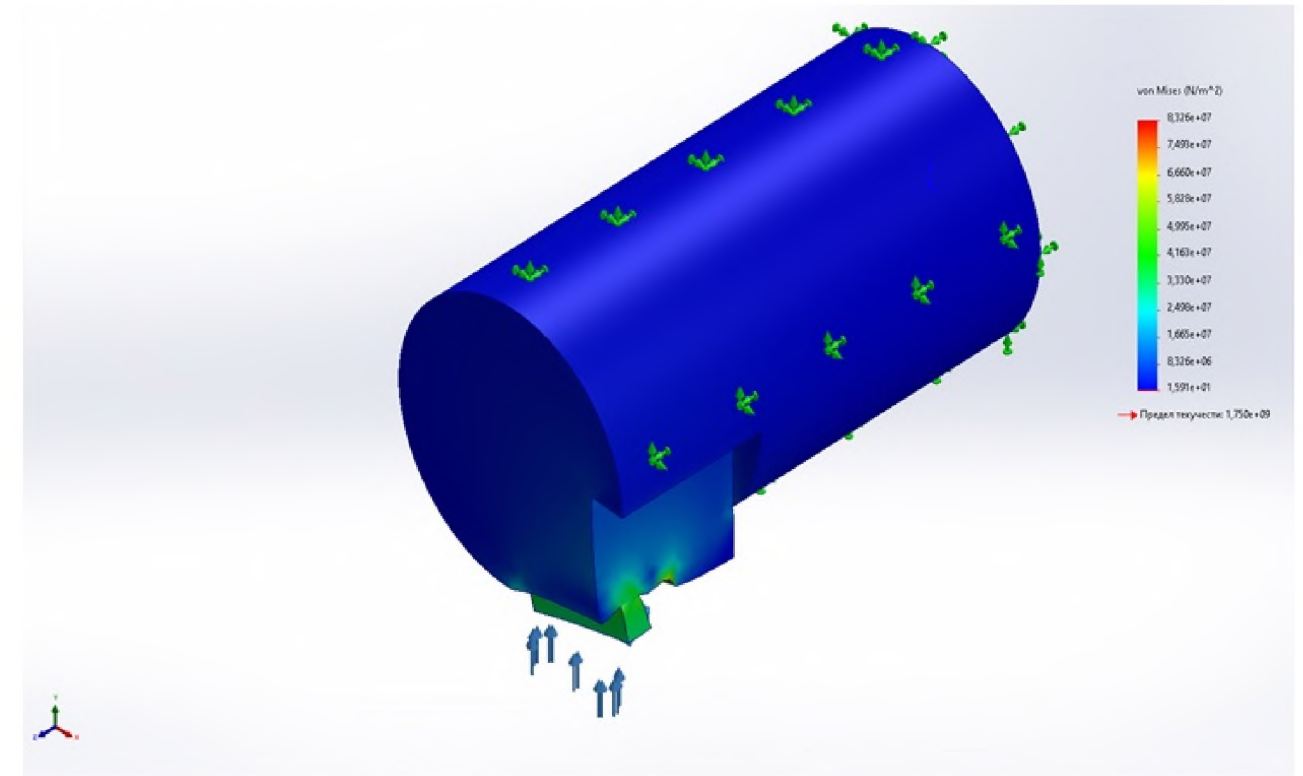
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



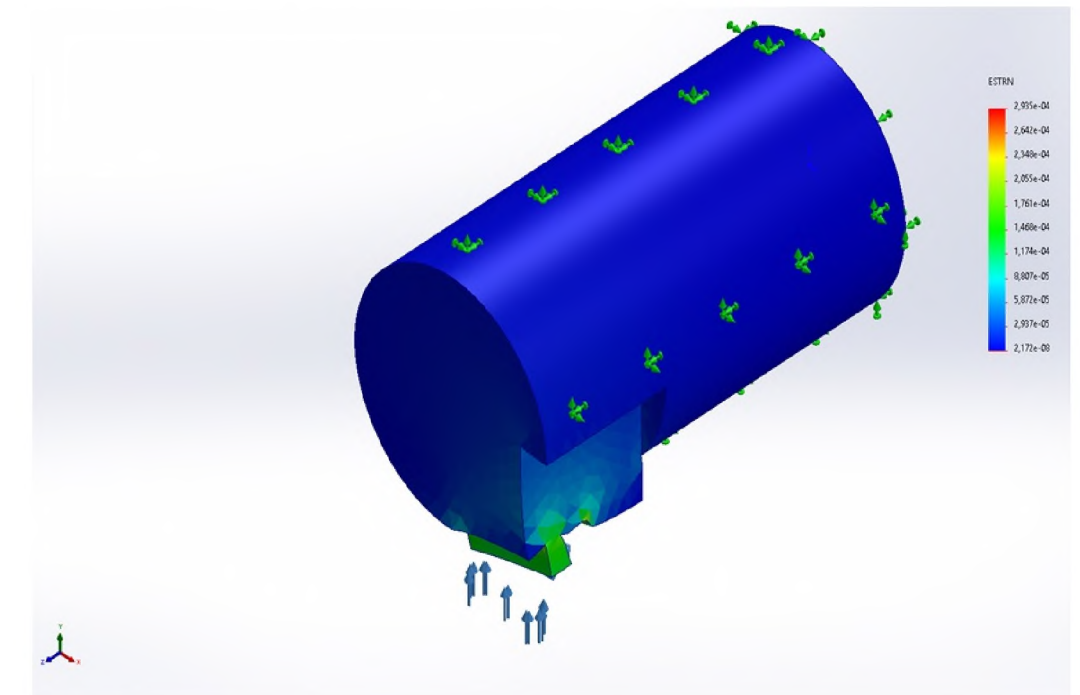
Сітка кінцевих елементів



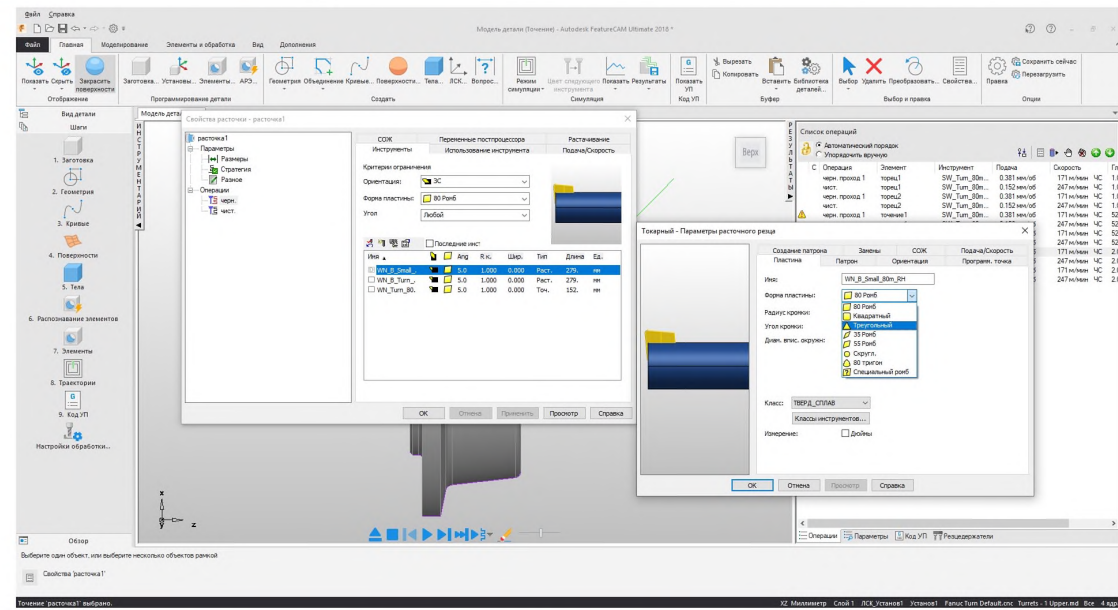
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



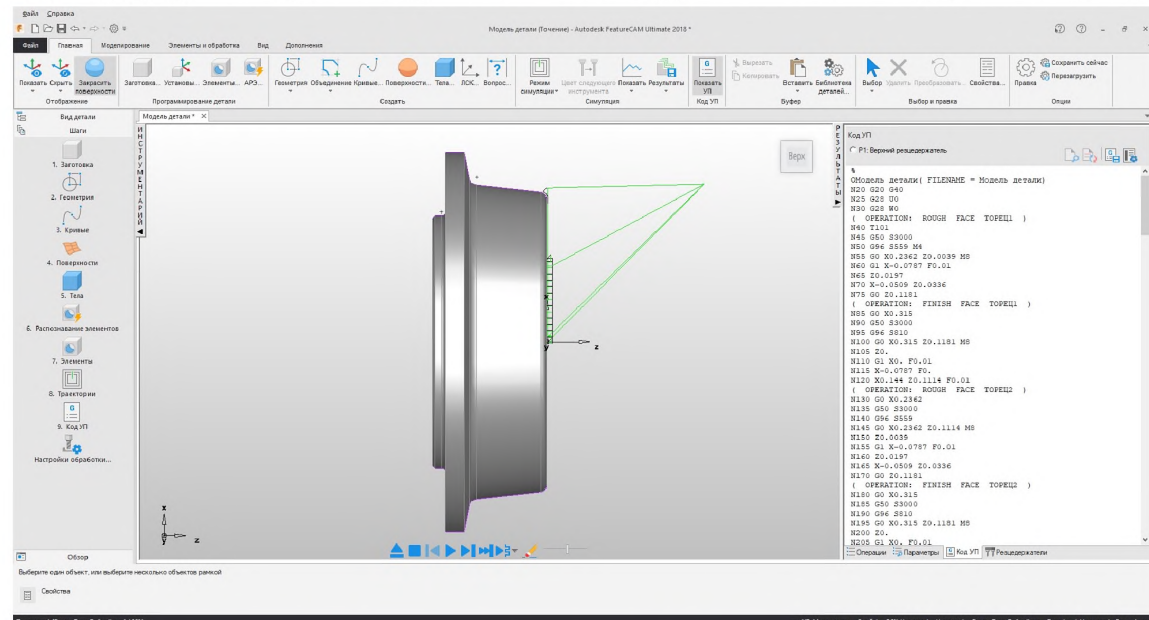
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



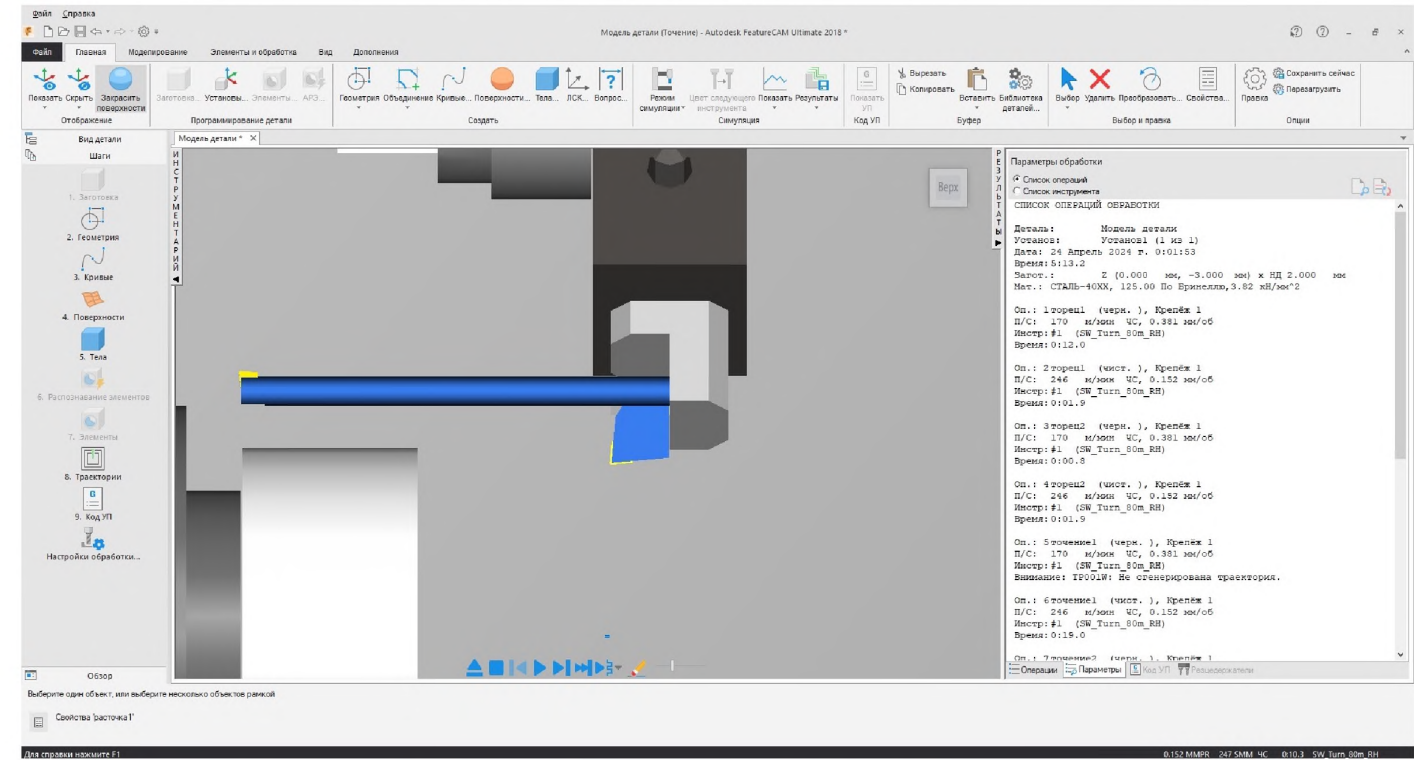
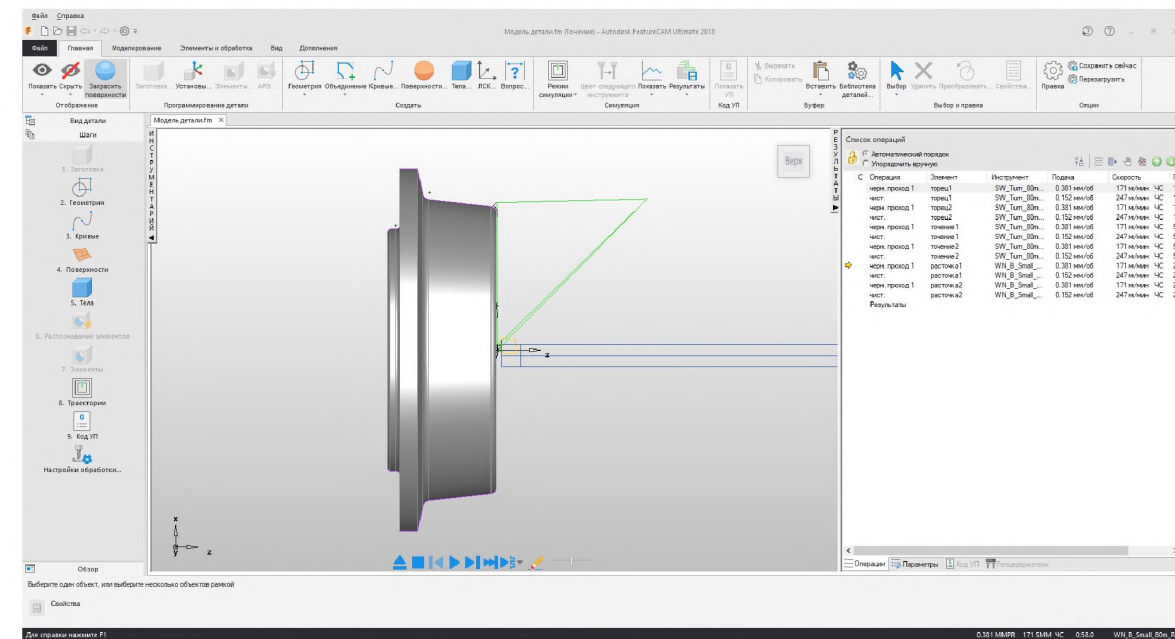
КНУ.КБР.131.24.1-14.ІАСРІ								
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Слізов					Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1	
Н.контр.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Затв.	Нечаєв							



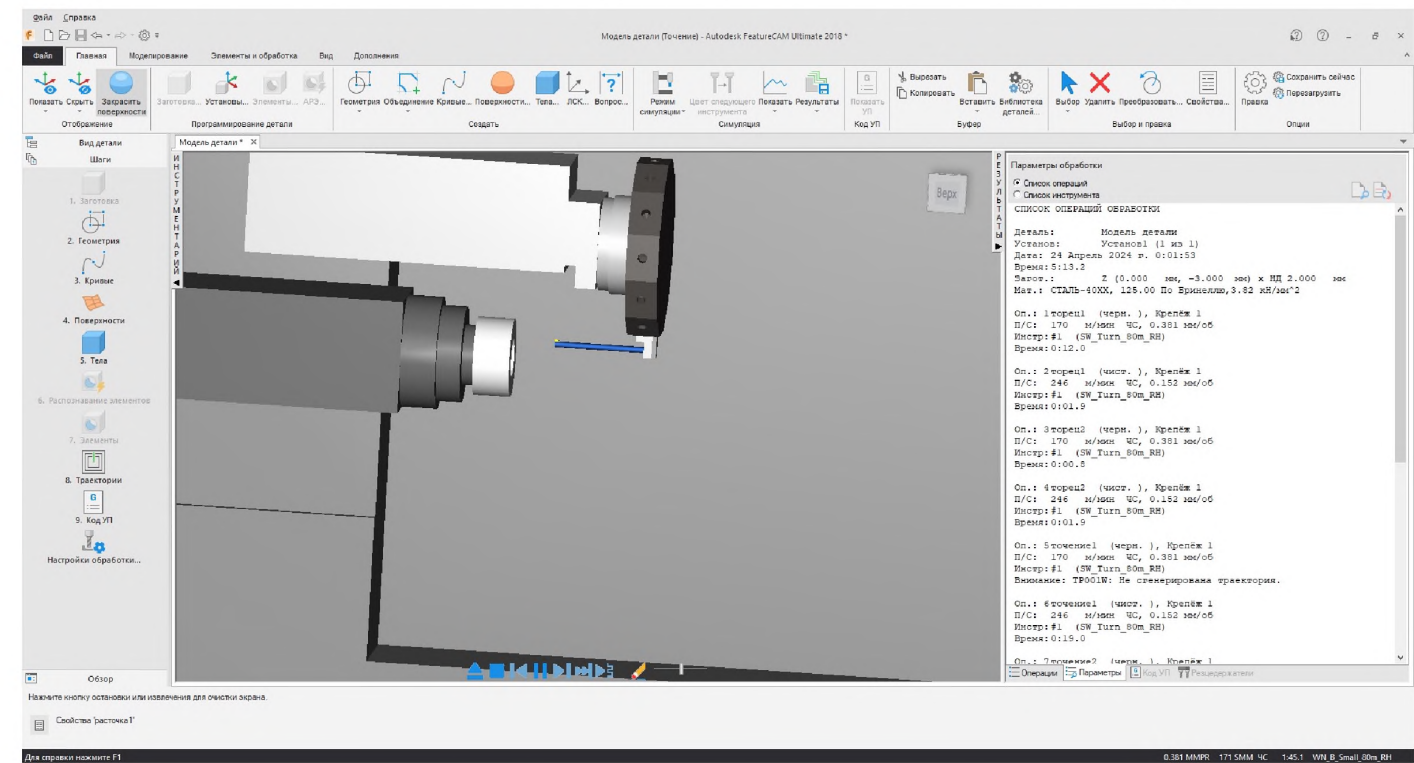
Траєкторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



				КНУ.КБР.131.24.1-14.МПМО		
				Лит.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки		
Розробив	Слізов					
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ зр. ПМ-20		
Затв.	Нечасів					