

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 «Кришка гільзи» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ-систем

Виконав: здобувач групи ПМ-22
Коржовський В.О.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2026 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Владислав КОРЖОВСЬКИЙ

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

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., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-22 Коржовського Владислава Олексійовича

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

Керівник проєкту: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2026 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2026 р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Кришка гільзи. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Різець фасонний призматичний. 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	25.02.2026
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2026
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
8.	Вибір параметрів різальної частини інструментів.	12.04.2026
9.	Розрахунок конструктивних параметрів різальної частини інструменту.	19.04.2026
10.	Вибір розмірів різального інструменту.	25.04.2026
11.	Креслення спеціального різального інструменту (А2-А4).	01.05.2026
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2026
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2026
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2026
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2026
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
18.	Висновки	01.06.2026
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2026
20.	Попередній захист	15.06.2026

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Коржовський В.О./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 47 стор., 34 рисунки, 13 таблиць, 5 листів графічної частини.

Тема кваліфікаційної бакалаврської роботи присвячена розробці спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Кришка гільзи» та проведенню його інженерного аналізу із застосуванням сучасних систем автоматизованого проєктування та інженерного аналізу.

В умовах зростаючої конкуренції у машинобудівній галузі особливої ваги набуває підвищення ефективності технологічних процесів, зменшення собівартості виробництва та забезпечення стабільної якості продукції. Деталі типу «Кришка гільзи» широко застосовуються в машинобудуванні, зокрема в вузлах двигунів внутрішнього згоряння та інших відповідальних механізмах, де висуваються підвищені вимоги до точності геометричних параметрів і шорсткості поверхонь.

Використання універсального інструменту не завжди дозволяє досягти оптимальних показників продуктивності та якості обробки. Розроблення спеціального різального інструменту забезпечує: підвищення точності формоутворення; скорочення машинного часу; зменшення зношування інструменту; покращення стабільності технологічного процесу.

Додаткової актуальності темі надає впровадження САЕ-систем, які дозволяють ще на етапі проєктування прогнозувати міцність, жорсткість і працездатність інструменту без необхідності виготовлення великої кількості дослідних зразків. Інженерний аналіз із застосуванням комп'ютерного моделювання суттєво знижує витрати часу та ресурсів, підвищуючи наукову обґрунтованість конструктивних рішень.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки поверхонь деталі «Кришка гільзи» спеціальним різальним інструментом.

Предметом дослідження є конструкція спеціального різального інструменту, його геометричні параметри, міцнісні та деформаційні характеристики, а також результати інженерного аналізу, отримані за допомогою САЕ-систем.

Таким чином, виконання даної роботи спрямоване на поєднання традиційних методів проєктування різального інструменту з сучасними цифровими технологіями інженерного аналізу, що відповідає актуальним тенденціям розвитку машинобудування та цифровізації виробництва.

КРИШКА ГІЛЬЗИ, ГІДРОЦИЛІНД, САМОСКИД, ФАСОННИЙ ПРИЗМАТИЧНИЙ РІЗЕЦЬ, САЕ-СИСТЕМА, ВИСОКОПРОДУКТИВНИЙ ІНСТРУМЕНТ.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-13.P</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Коржавський</i>			<i>Реферат</i>			
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркшів</i>	
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 47 pages, 34 figures, 13 tables, 5 sheets of the graphic part.

The topic of this bachelor's qualification thesis is dedicated to the development of a special cutting tool for machining the surfaces of the part "Cylinder Liner Cover" and performing its engineering analysis using modern computer-aided design and engineering analysis systems.

In the context of increasing competition in the mechanical engineering industry, improving the efficiency of technological processes, reducing production costs, and ensuring stable product quality are of particular importance. Parts such as the "Cylinder Liner Cover" are widely used in mechanical engineering, particularly in assemblies of internal combustion engines and other critical mechanisms, where high requirements are imposed on the accuracy of geometric parameters and surface roughness.

The use of a universal tool does not always allow achieving optimal levels of productivity and machining quality. The development of a special cutting tool provides: increased accuracy of shape generation; reduced machining time; decreased tool wear; and improved stability of the technological process.

Additional relevance of the topic is ensured by the implementation of CAE systems, which make it possible already at the design stage to predict the strength, stiffness, and operational performance of the tool without the need to manufacture a large number of prototypes. Engineering analysis using computer simulation significantly reduces time and resource consumption while increasing the scientific validity of design decisions.

The object of the research is the process of machining the surfaces of the "Cylinder Liner Cover" part using a special cutting tool.

The subject of the research is the design of the special cutting tool, its geometric parameters, strength and deformation characteristics, as well as the results of engineering analysis obtained using CAE systems.

Thus, the implementation of this work is aimed at combining traditional methods of cutting tool design with modern digital technologies of engineering analysis, which corresponds to current trends in mechanical engineering development and production digitalization.

CYLINDER LINER COVER, HYDRAULIC CYLINDER, DUMP TRUCK, FORM PRISMATIC CUTTER, CAE SYSTEM, HIGH-PERFORMANCE TOOL.

					КНУ.КБР.131.26.1-13.Р	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 різьбового з'єднання	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	15
2.3 Технічний контроль робочого креслення	17
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	17
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	21
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	21
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	25
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	26
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	27
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	28
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	31
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	31
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	32
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	35
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	35
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	36
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	40
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	40
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при операціях термообробки сталі	44
Висновки	46
Список використаних джерел	47

					КНУ.КБР.131.26.1-13.3				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літ.	Арк.	Архцифр	
Розроб.		Коржавський							
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-22			
Зав. каф.		Рязанцев							

ВСТУП

Металорізальний інструмент - інструмент, призначений для зміни форми та розмірів заготовки шляхом видалення частини матеріалу у вигляді стружки, або шламу, тобто різальний інструмент використовується для оброблення матеріалів різанням. Оброблення різанням – вид механічного оброблення, яке полягає в утворенні нових поверхонь шляхом відділення поверхневих шарів матеріалу з утворенням стружки. Способи обробки металів тиском і литтям, як правило, не дають необхідної точності розмірів і чистоти поверхні заготовок (винятки складають спеціальні види лиття і холодне штампування). Тому куванням, штампуванням і литтям в більшості випадків виготовляють заготовки (напівфабрикати), що потребують додаткової обробки. Остаточна обробка виконується різанням, яке полягає в знятті з поверхонь заготовки визначеного шару металу, що залишається спеціально для цього. Шар металу, що знімається з металу, називається припуском на обробку. В результаті видалення припуску заготовка набуває точніших форми, розмірів та заданої шорсткості поверхонь, тобто перетворюється в деталь.

На цей вид оброблення припадає понад 90 % трудомісткості виготовлення більшості деталей. Для його реалізації існує ціла низка різноманітного металорізального обладнання, різного за розмірами, продуктивністю, ступенем автоматизації, яке забезпечує здійснення різних способів обробки різанням практично в усіх типах виробництва.

Обробка різанням є складним і дорогим процесом, який відрізняється значною трудомісткістю і значними втратами металу (при масовому виробництві зі стружкою втрачається 5 – 15 % металу, а при дрібносерійному і одиничному – до 25 %).

Обробка різанням включає дві множини способів її реалізації: лезову та абразивну обробки. Лезова обробка передбачає оброблення поверхонь заготовки одно- та багатолезовими інструментами – різцями, свердлами, фрезами, розвертками, протяжками та ін. Абразивна обробка – це обробка поверхонь абразивними інструментами, виготовленими з природних або штучних абразивних матеріалів, – абразивними кругами, сегментами, брусками, стрічками та вільними абразивами у вигляді порошків, паст тощо.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-13.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Каржавський</i>			<i>Вступ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>	

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідною базою для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи стали робочі креслення деталі «Кришка гільзи» та складальної одиниці – гідроциліндр підйому кузова самоскида КАМАЗ-6520, до складу якої входить зазначена деталь. Крім того, враховано задану річну програму виробництва, що становить 1000 виробів. На рисунку 1.1 наведено тривимірне зображення даної деталі.



Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Кришка гільзи»

Метою роботи є розроблення конструкції спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Кришка гільзи» та проведення його інженерного аналізу із застосуванням САЕ-систем з метою забезпечення необхідних показників міцності, жорсткості та точності обробки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести аналіз конструкції деталі «Кришка гільзи» та визначити технологічні вимоги до її обробки.
2. Обґрунтувати вибір типу та конструктивної схеми спеціального різального інструменту.
3. Розробити 3D-модель інструменту в середовищі SolidWorks.
4. Виконати інженерний аналіз (розрахунок напружень, переміщень, деформацій) із використанням САЕ-модуля.
5. Оцінити працездатність конструкції та сформулювати рекомендації щодо її вдосконалення.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-13.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.		Коржовський			Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі		
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Архів
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22		

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

Деталь «Кришка гільзи» є складовою частиною гідроциліндра підйому кузова самоскида КАМАЗ-6520. Самоскид КАМАЗ-6520 (рис. 1.2) – це важкий вантажний автомобіль, призначений для перевезення та механізованого розвантаження сипучих і навалочних матеріалів, таких як пісок, щебінь, ґрунт і будівельні відходи. Він оснащений потужним дизельним двигуном, має колісну формулу 6×4 і характеризується високою вантажопідйомністю (близько 20 тонн). Кузов автомобіля піднімається за допомогою гідравлічного циліндра, що забезпечує швидке та ефективне розвантаження. Завдяки своїй міцній конструкції та надійності, КАМАЗ-6520 широко використовується у будівництві, кар'єрах і дорожніх роботах.



Рисунок 1.2 – Загальний вид самоскида КАМАЗ-6520

Гідроциліндр (рис. 1.3) підйому кузова самоскида КАМАЗ-6520 призначений для забезпечення підйому та опускання кузова з метою розвантаження сипучих матеріалів. Його робота базується на перетворенні енергії тиску гідравлічної рідини у механічний рух штока, який піднімає кузов на необхідний кут. Такий механізм є невід'ємною частиною гідравлічної системи самоскида і забезпечує ефективність та швидкість розвантажувальних робіт.

Основною функцією гідроциліндра є створення необхідного зусилля для підйому навантаженого кузова, а також забезпечення плавності руху під час підйому й опускання. Крім того, він виконує функцію утримання кузова у

					КНУ.КБР.131.26.1-13.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

піднятому положенні та сприймає значні навантаження, що виникають у процесі роботи.

Задана деталь – кришка гільзи – встановлюється у передній частині гідроциліндра, де відбувається вихід штока. Вона виконує важливі функції: закриває гільзу, забезпечує напрям руху штока, слугує місцем встановлення ущільнювальних елементів і запобігає витоку робочої рідини. Також ця деталь сприймає частину механічних і гідравлічних навантажень, що підвищує надійність усього вузла.

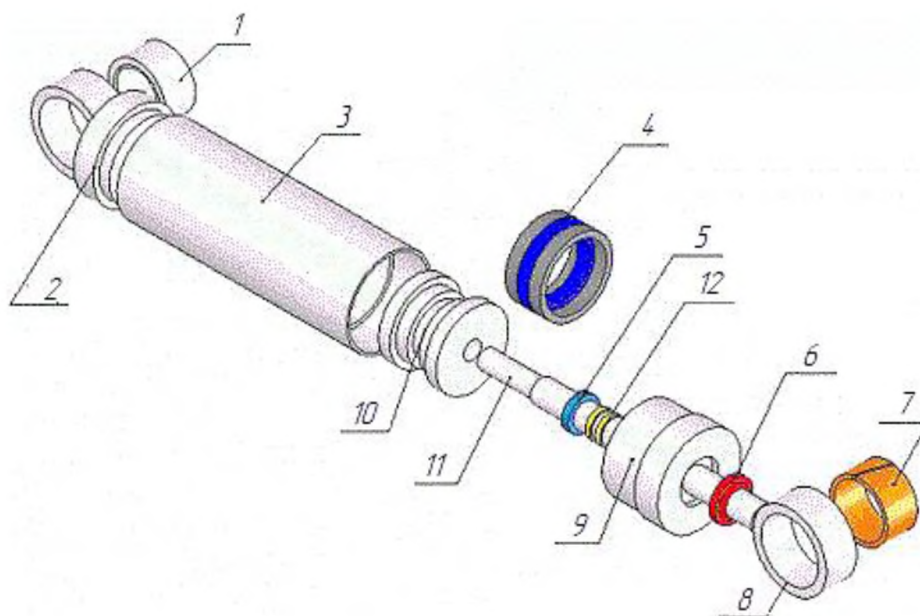


Рисунок 1.3 – Гідроциліндр підйому кузова самоскида:

- 1 – підшипник; 2 – кришка гільзи; 3 – гільза; 4 – поршневе ущільнення;
5 – штокове ущільнення; 6 – брудознімач; 7 – втулка; 8 – передня провушина;
9 – букса; 10 – поршень; 11 – шток; 12 – напрямна

Гідроциліндр, як правило, є телескопічного типу, має кілька ступенів, працює при тиску приблизно 16-25 МПа і забезпечує значний хід штока, достатній для повного підйому кузова. Конструкція виготовляється з міцних легованих сталей і розрахована на роботу в широкому діапазоні температур та значних експлуатаційних навантажень.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики гідроциліндра

Параметр	Значення
Кількість ступенів	3–5
Робочий тиск	16–25 МПа
Хід штока	4 500 – 6 000 мм
Діаметр гільзи (першої ступені)	~100–160 мм
Вантажопідйомність	до 20–25 т
Тип робочої рідини	Гідравлічне масло
Температурний діапазон	від -40°C до +80°C

					КНУ.КБР.131.26.1-13.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання

Деталь «Кришка гільзи» має внутрішню різьбову поверхню. Проведемо розрахунок параметрів точності цього різьбового з'єднання.

Параметр різьби – М135х3-7Н

М – метрична різьба;

135 – номінальний діаметр різьби, мм;

3 – Р, крок різьби, мм;

7Н – поле допуску для середнього діаметру;

7Н – поле допуску для внутрішнього діаметру.

1.3.1 Визначення номінальних значень діаметрів різьби

Зовнішній – $D = 135$ мм – не нормується

Внутрішній – $D_1 = D - 4 + 0,752 = 135 - 4 + 0,752 = 131,752$ мм.

Середній – $D_2 = D - 2 + 0,051 = 135 - 2 + 0,051 = 133,051$ мм.

1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

Граничні відхилення залежать від номінального діаметру, кроку різьби та поля допуску:

Для D_2 – поле допуску 7Н;

для D_1 – поле допуску 7Н.

$\varnothing 133,051 - 7Н;$ $ES_2 = +375$ мкм; $EI_2 = 0.$

$\varnothing 131,752 - 7Н;$ $ES_1 = +630$ мкм; $EI_1 = 0.$

1.3.3 Визначення граничних розмірів та величин допусків

$D_{2\max} = D_2 + ES_2 = 133,051 + 0,375 = 133,426;$

$D_{2\min} = D_2 + EI_2 = 133,051 + 0 = 133,051;$

$D_{1\max} = D_1 + ES_1 = 131,752 + 0,630 = 132,382;$

$D_{1\min} = D_1 + EI_1 = 131,752 + 0 = 131,752.$

$TD_2 = D_{2\max} - D_{2\min} = 133,426 - 133,051 = 0,375;$

$TD_2 = ES_2 - EI_2 = 375 - 0 = 375$ мкм.

$TD_1 = D_{1\max} - D_{1\min} = 132,382 - 131,752 = 0,630;$

$TD_1 = ES_1 - EI_1 = 630 - 0 = 630$ мкм.

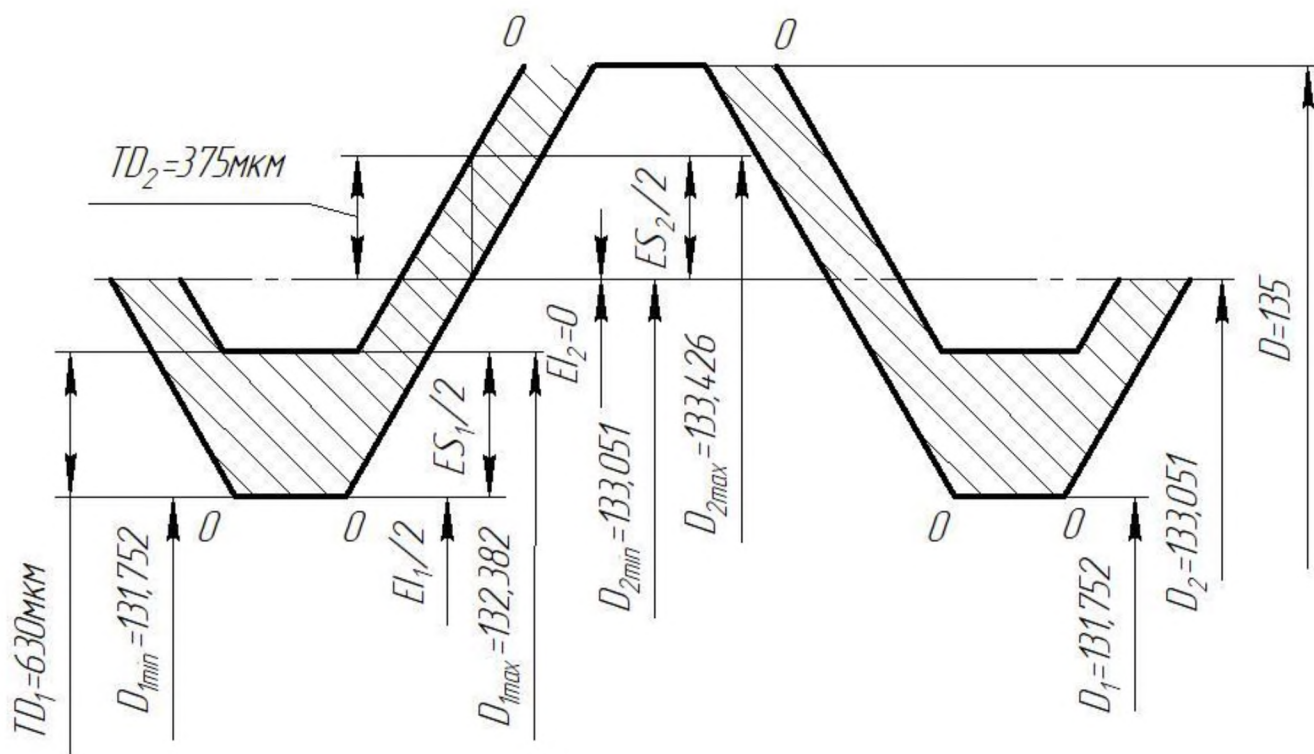
Таблиця 1.2 – Результати розрахунку параметрів різьби

Позначення різьби	Елементи різьби	Розміри (мм)			Допуск, мм
		номінальний	найбільший	найменший	
М135х3-7Н	D	не нормується			
	D_2	133,051	133,426	133,051	0,375
	D_1	131,752	132,382	131,752	0,630

					КНУ.КБР.131.26.1-13.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.3.4 Побудова схеми полів допусків різьбової поверхні

Схему полів допусків внутрішньої різьбової поверхні деталі «Кришка гільзи» представлено на рис. 1.4.



Рисунку 1.4 – Схема полів допусків різьби валу насосу

					КНУ.КБР.131.26.1-13.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Кришка гільзи є важливою складовою частиною гідроциліндра, зокрема в конструкції самоскида КАМАЗ-6520. Її основне призначення полягає у закритті торцевої частини гільзи (циліндра) та забезпеченні правильного функціонування рухомих елементів механізму.

До основних функцій кришки гільзи належить забезпечення напрямку руху штока, що виходить із циліндра, а також розміщення ущільнювальних елементів, які запобігають витoku робочої рідини. Вона також виконує опорну функцію, сприймаючи частину навантажень, що виникають під дією тиску в гідросистемі, і забезпечує герметичність внутрішнього об'єму циліндра. Крім того, кришка слугує елементом кріплення, за допомогою якого гільза з'єднується з іншими частинами конструкції.

Дана деталь виготовляється зі сталі 20ХН3А, яка належить до легованих конструкційних сталей. Основними легуючими елементами є хром, нікель та незначна кількість вуглецю. Такий хімічний склад забезпечує сталі високу міцність, зносостійкість і добру прокаліюваність. Після термічної обробки, зокрема цементації та гартування, сталь набуває твердого поверхневого шару при збереженні в'язкої серцевини, що є важливим для деталей, які працюють в умовах тертя та змінних навантажень.

Сталь 20ХН3А широко використовується у машинобудуванні для виготовлення відповідальних деталей, таких як зубчасті колеса, вали, втулки, осі та елементи гідравлічних систем. Її застосування для кришки гільзи обумовлене необхідністю забезпечення високої надійності, довговічності та стійкості до зношування в умовах інтенсивної експлуатації.

Заготовка для деталі «Кришка гільзи» – поковка зі Сталі 40ХН3А. Дані про матеріал деталі приводяться у таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 20ХН3А ДСТУ 7806:2015

C	Si	Mn	Cu	S	P	Ni	Cr
0.17-0.24	0.17-0.37	0.3-0.6	до 0.3	до 0.025	до 0.025	2.75-3.15	0.6-0.9

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 20ХН3А ДСТУ 7806:2015

σ_T , МПа	$\sigma_{вр}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_H , Дж/см ²	Твердість НВ	Термообробка
не менш				59	Не більш	Поковка. Гартування. Відпал
685	835	13	42		311	

					КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД				
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.		Коржавський			Технологічна підготовка виробництва деталі	Літ.	Арк.	Арк.зміщ.	
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
						Каф. ТМ, гр. ПМ-22			

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Виконаємо аналіз поверхонь деталі, попередньо пронумерувавши всі її поверхні. На підставі отриманої нумерації (рис. 2.1) визначається послідовність технологічної обробки, яку наведено в таблиці 2.3.

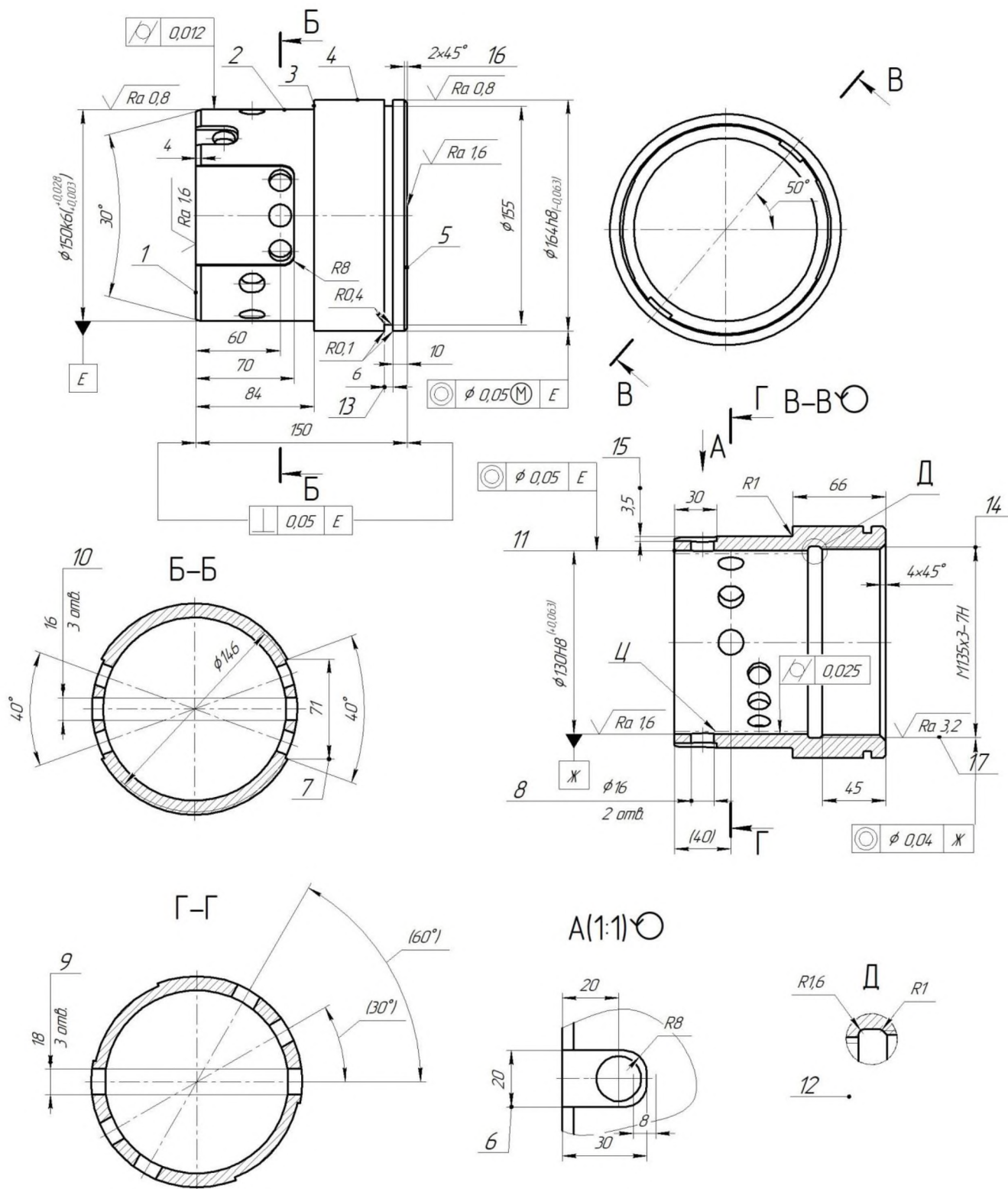
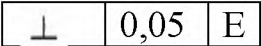
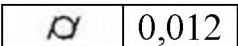
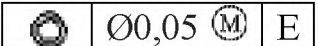
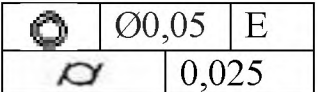
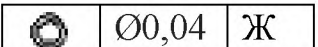


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі

					КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Послідовність технологічних методів обробки	Ra	IT	Примітки
1;5	150	Підріз. торця чор. Підріз. торця н.ч. Підріз. торця чис. Обр. торця шліф.	12,5 6,3 3,2 1,6	14 14 14 h14	
2	Ø 150	Точіння чор. Точіння н.ч. Точіння чис. Шліфування Шліфування чис.	12,5 6,3 3,2 1,6 0,8	14 11 9 7 k6	
3	84	Підріз. торця чор. Підріз. Торця н.ч.	12,5 6,3	14 14	
4	Ø164	Точіння чор. Точіння н.ч. Точіння чис. Шліфування Шліфування чис.	12,5 6,3 3,2 1,6 0,8	14 11 9 7 6	
6	B=20 l=30	Фрезерув. пазу чор. Фрезерув. пазу н.ч	12,5 6,3	14 14	
7	B=71 L=70	Фрезерув. пазу чор. Фрезерув. пазу н.ч	12,5 6,3	14 14	
8	Ø16	Сверд. отвору чор. Зенкерув. отв. чор	12,5 6,3	14	
9	Ø18	Сверд. отвору чор.	12,5	14	
10	Ø16	Сверд. отвору чор. Зенкерув. отв. чор	12,5 6,3	14 10	
11	Ø130	Розсверд. отвору Розточ. отвору н.ч. Розточ. отвору чис. Шліфування н.ч.	12,5 6,3 3,2 1,6	14 12 10 h8	
12	Ø12	точ. канавки чор. точ. канавки н.ч.	12,5 6,3	14 10	
13	Ø155	Точіння канавки чор. Точіння канавки н.ч. Точіння	12,5 6,3	14 10	
14	M135x3	Розточ. отвору н.ч. Наріз. різьби	6,3 3.2	11 7	
15	4x30°	Точіння фаски	6,3	12	
16	2 x45°	Точіння фаски	6,3	12	
17	4x45°	Точіння фаски	6,3	12	

Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД

Арк.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На поданому кресленні наявні всі необхідні зображення: основний вигляд, розрізи та перерізи (Б-Б, В-В, Г-Г), що дає повне уявлення про форму та конструкцію деталі. Кількість виглядів є достатньою, зайві зображення відсутні.

Розміри нанесені в повному обсязі та дозволяють виготовити деталь без додаткових пояснень. Присутні як габаритні, так і посадочні розміри, а також розміри отворів і різьб. Вказані допуски та посадки (наприклад H8, k6), що відповідає вимогам точності для спряжених поверхонь. Розміри, взяті в дужки, позначені як довідкові або після складання, що відповідає стандартам.

Шорсткість поверхонь задана (Ra 0,8; Ra 1,6; Ra 3,2), причому більш точні значення призначені для відповідальних поверхонь, що працюють у спряженні або ущільненні. Це свідчить про правильний підхід до призначення параметрів якості поверхні.

На кресленні вказані геометричні допуски (наприклад, співвісність, биття), що є важливим для забезпечення працездатності деталі в гідроциліндрі. Це дозволяє контролювати точність виготовлення під час виробництва.

Матеріал деталі зазначений – сталь 20ХН3А, що є коректним для деталей, які працюють під навантаженням і піддаються зносу. Також задані технічні вимоги, зокрема цементація поверхні до твердості 45-50 HRC, що забезпечує необхідні експлуатаційні властивості.

Оформлення креслення відповідає вимогам стандартів: присутній основний напис, масштаб (1:1), позначення креслення, маса деталі. Лінії, шрифти та позначення виконані коректно.

У цілому креслення відповідає вимогам ЄСКД і є придатним для виготовлення деталі.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес виготовлення заданої деталі включає послідовний перелік операцій, представлений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технологічний процес виготовлення деталі

№ опер.	Найменування операції	Обладнання
000	Заготівельна	Відрізний верстат
005	Токарна чорнова	Токарно-фрезерний верстат із ЧПК QUICK-TECH LT3-200S
010	Токарна чистова	
015	Свердлильна	
020	Фрезерна	
025	Термічна (основна)	Піч
030	Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат 3A161
035	Контрольна	Вимірювальні прилади

					КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Всі операції виконуємо на токарно-фрезерному верстаті з ЧПК QUICK-TECH LT3-200S (рис. 2.2), технічні характеристики якого наведено в табл. 2.5. Шліфувальні операції проводимо на верстаті моделі 3A161 (рис. 2.4, табл. 2.6).



Рисунок 2.3 – Токарно-фрезерний верстат із ЧПК QUICK-TECH LT3-200S

Таблиця 2.5 – Характеристика верстату LT3-200S

Характеристика		Розмірність
1		2
Характеристики шпинделя	Максимальний діаметр точіння шпинделя	150 мм / 200 мм
	Максимальний робочий діаметр прутка шпинделя	42 мм / 60 мм
	Максимальна довжина точіння	150 мм
	Конус шпинделя	ISO (DIN) A 2-5
	Діаметр отвору шпмнделя	44 мм / 62 мм
	Діапазон швидкостей обертання шпинделя	100-4000 об / хв
	двигун шпмнделя	Mitsubishi Servo 7,5 кВт
Характеристики субшпмнделя	Максимальна довжина точіння субшпмнделя	100 мм
	Тип цангового патрона субшпмнделя	KK4-163E / 30B
	Конус субшпмнделя	ISO (DIN) A2-4
	Діаметр отвору субшпмнделя	26 мм
	Двигун субшпмнделя	Mitsubishi Servo 7,5 кВт
Гідросистема	Обсяг резервуара гідросистеми	35 л
	Двигун гідравлічної станції	0,75 кВт
	Макс. тиск гідросистеми	25 бар

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД		Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	--	------

Продовження таблиці 2.5

1		2
Система автоматичної зміни інструменту	«1-ая» система автоматичної заміни інструменту	Гідравлічна револьверна головка
	Кількість інструментів	12
	Час індексації	0,8 (Т - Т) / 2,0 с (повне)
	Розмір хвостовика зовнішніх інструменту	20 мм
	Розмір використовуваних цанг	ER 25/25 мм
Переміщення / подача	Переміщення по осі X	240 мм
	Переміщення по осі Z	250 мм
	Переміщення осі Z-1	230 мм
	Серводвигун осі 1,0 кВт	Вісь Z і Z1
	Серводвигун осі 1,0 кВт	Ось X і X1
Система МОР	Обсяг резервуара для МОР	85 л
	Тип двигуна системи МОР	ТРНК4Т-2-2 високий тиск 2 кг / см ²
Габарити	Довжина верстата	2 210 мм
	Ширина верстата	1 470 мм
	Висота верстата	1 700 мм
	Вага верстата	3 000 кг

Таблиця 2.6 – Характеристика верстату моделі 3А161

Параметр	Значення
Тип верстата	Круглошліфувальний універсальний напівавтомат
Клас точності	П
Максимальний діаметр заготовки	280 мм
Максимальна довжина заготовки	1000 мм
Максимальний діаметр шліфування (у люнеті)	60 мм
Максимальний діаметр шліфування (без люнета)	250 мм
Максимальна довжина шліфування	900 мм
Висота центрів	150 мм
Максимальна маса заготовки	40 кг
Максимальне поздовжнє переміщення столу	920 мм
Тип обробки	Зовнішнє шліфування циліндрів і конусів
Тип подачі	Ручна + автоматична (гідравлічна)
Виробник	Харківський верстатобудівний завод

					КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Круглошліфувальний верстат мод. 3А161

					КНУ.КБР.131.26.1-13.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЗАЛЬНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням обсягу та характеру раніше визначених технологічних способів обробки поверхонь здійснюється вибір сучасних типів різального інструменту. Для кожної поверхні деталі підбирається відповідний інструмент із обґрунтуванням його застосування, а також наводиться його ескіз. Отримані дані подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ поверхні	Найменування операції	Різальний інструмент	Тип верстата
1	2	3	4
1;5	Підріз. торця чор. Підріз. торця н.ч. Підріз. торця чис.	Підрізний різець	Токарно-фрезерний LT3-200S
	Обр. торця шліф.	Шліфувальний круг	Круглошліфувальний 3A161
2	Точіння чор. Точіння н.ч. Точіння чис.	Прохідний різець	Токарно-фрезерний LT3-200S
	Шліфування н.ч. Шліфування чис	Шліфувальний круг	Круглошліфувальний 3A161
3	Підріз. торця чор. Підріз. торця н.ч.	Підрізний різець	Токарно-фрезерний LT3-200S
4	Точіння чор. Точіння н.ч. Точіння чис.	Прохідний різець	Токарно-фрезерний LT3-200S
	Шліфування н.ч. Шліфування чис	Шліфувальний круг	Круглошліфувальний 3A161
6	Фрезерув. пазу чор. Фрезерув. пазу н.ч	Фреза кінцева	Токарно-фрезерний LT3-200S
7	Фрезерув. пазу чор. Фрезерув. пазу н.ч	Фреза кінцева	
8	Сверд. отвору чор. Зенкерув. отв. чор	Свердло Зенкер	
9	Сверд. отвору чор.	Свердло	
10	Сверд. отвору чор.	Свердло	

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Коржовський			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Архців
Перевір.		Рязанцев						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-22		

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
11	Розсверд. отвору Розточ. отвору н.ч. Розточ. отвору чис.	Свердло	Токарно-фрезерний LT3-200S
	Шліфування н.ч.	Шліфувальний круг	Круглошліфувальний 3A161
12	Точ. канавки чор. Точ. канавки н.ч.	Різець розточний	Токарно-фрезерний LT3-200S
13	Точіння канавки чор. Точіння канавки н.ч.	Різець канавочний	
14	Розточ. отвору н.ч. Наріз. різьби	Різець розточний Різьбовий різець	
15	Точіння фаски	Різець прохідний	
16	Точіння фаски	Різець прохідний	
17	Точіння фаски	Різець прохідний	

Підбір металорізального інструменту ведемо за каталогом фірми «TaeguTec» [5].

Поверхні 1, 3 – підрізання торця:

Державка: TWLNR 2020 K08 [5, с. B158] (рис. 3.1).

Черновая пластина: WNGA 080408 WZ-LS3 [5, с. B115] (рис. 3.2).

Чистовая пластинка: WNGA 080408 T7WZ [5, с. B116] (рис. 3.2).

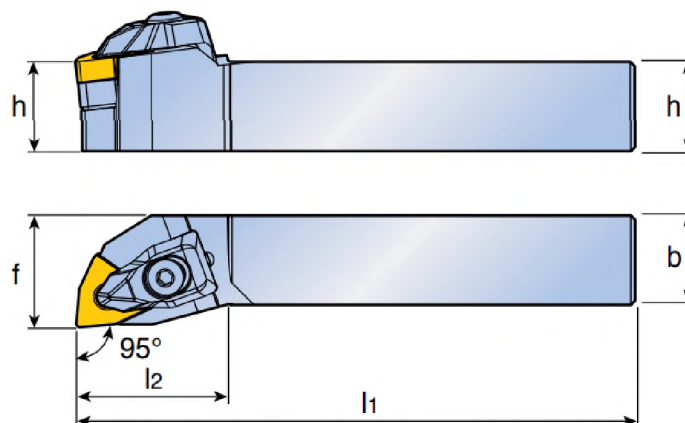


Рисунок 3.1 – Державка TWLNR 2020 K08

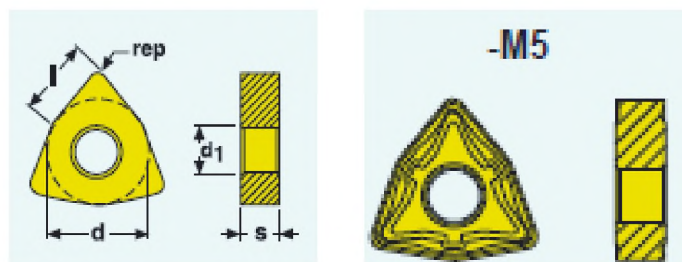


Рисунок 3.2 – Чорнова та чистова пластинки типу ламаний трикутник

Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Державка T6BR 32T41-4 для точіння канавок [5] (рис. 3.3).

TDT 4E_{04TCE} – пресована керамічна пластинка для зовнішнього точіння канавок[5, с. D12].

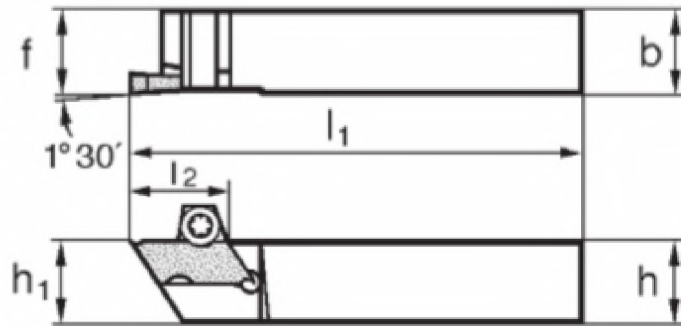


Рисунок 3.3 – Державка T6BR 32T41-4 – для точіння канавок

Розточна державка S2OS SDZCR [5, с. B186] (рис. 3.4).

DCGW11T304LS – пластинка нітридна чорнова [5, с. B113].

A20STWLNRO6 – розточна державка для чистової обробки [5, с. B194].

WNGA 080408 T7WZ – пластинка чистова [5, с. B108].

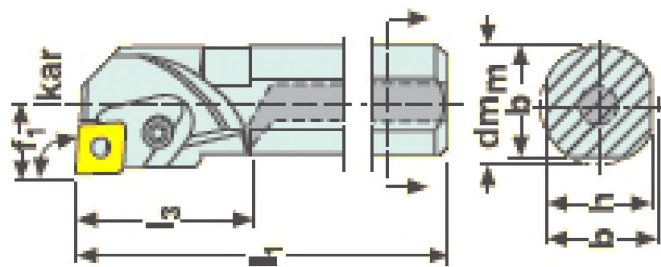


Рисунок 3.4 – Державка S2OS SDZCR – розточна

THR 619 20C 2 – державка для внутрішніх канавок (рис. 3.5).

TIMC 2 TT 80 20 – пластинка для внутрішніх канавок.

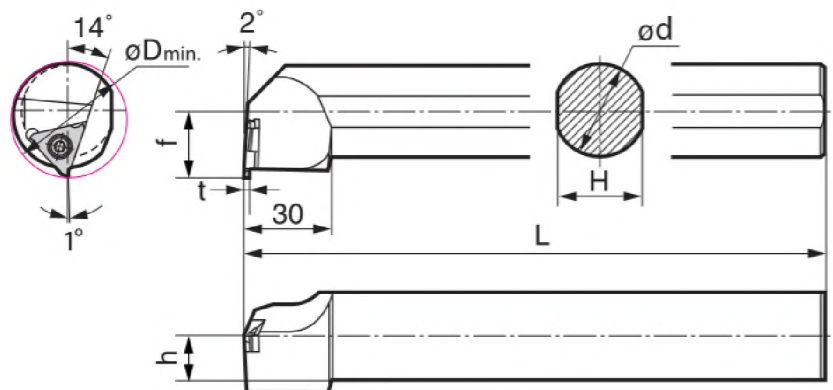


Рисунок 3.5 – Державка THR 619 20C 2

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ЛН130-MEGA 130100-MEGA – цільна твердосплавна кінцева фреза (рис. 3.6).

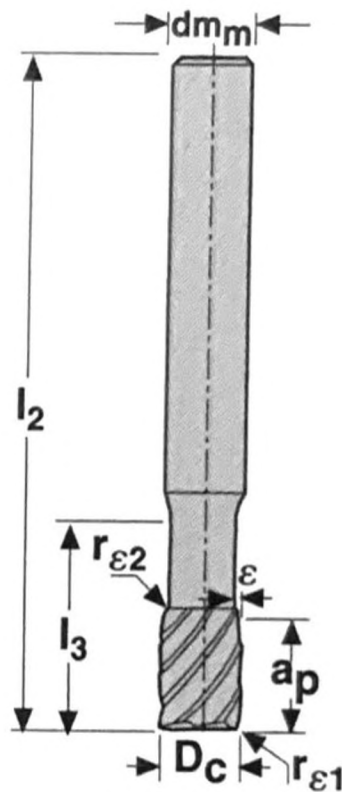


Рисунок 3.6 – Кінцева фреза

SD203-18.0-41-18R1 – свердло з циліндричним хвостовиком.

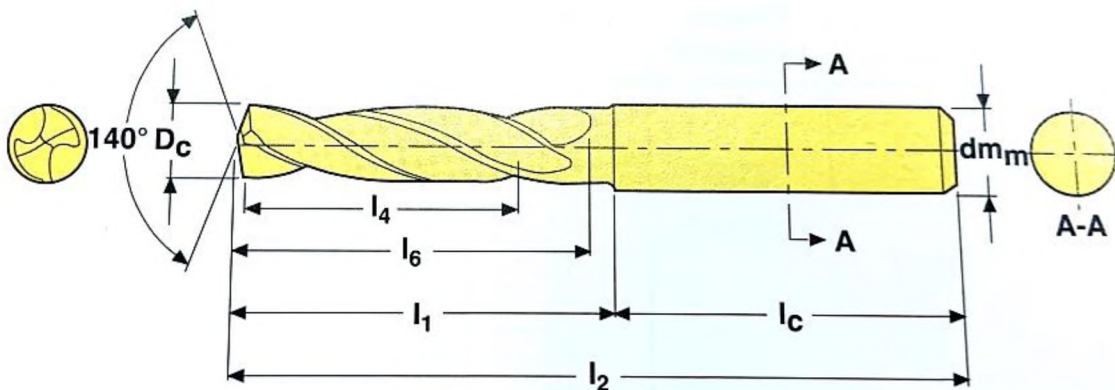


Рисунок 3.7 – Свердло з циліндричним хвостовиком

Для шліфувальних операцій обираємо шліфувальний круг [6, с. 20]: 1 - 400x40x127 89A 802 J5A V217 50 (рис. 3.8). Матеріал шліфувального круга – білий електрокорунд. 802 – розмір зерна (grit size), що відповідає FEPA 80 (середньозернистий абразив). J – середня твердість круга (grade) – забезпечує баланс між збереженням форми і стійкістю до перегріву. 5A – середньо-пориста структура на керамічній зв'язці.

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

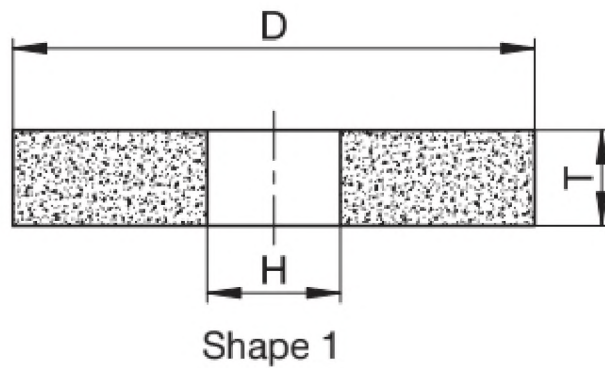


Рисунок 3.8 – Круг шліфувальний 400x40x127 89A 802 J5A V217 50

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

З урахуванням фізико-механічних характеристик матеріалу деталі, виду обробки та металорізального обладнання для вибраних інструментів визначають матеріал різальної частини, її геометричні параметри, а також матеріал державки. Узагальнені результати подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів ріжучої частини інструментів

№ з/п пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (шифр) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструменту
1	2	3	4	5
1;5, 2-4, 15-17	Прохідний різець для контурної обробки	Чорнова - TP2501 чистова - TP 1501	TWLN R 2020 K08	$\varphi=95^\circ$ $\varepsilon=80^\circ$ $\alpha=0$ $\gamma=-6^\circ$; $\lambda=-12^\circ$;
11, 14	Розточний різець	Чистова - TP2501	S2OS SDZCR	$\varphi=78^\circ$ $\varepsilon=80^\circ$ $\alpha=0$ $\gamma_o^\circ=-6$; $\gamma_s^\circ=-12$
13	Канавочний різець	TP2501	T6BR 32T41-4	$\varphi=80^\circ$ $\varepsilon=80^\circ$ $\alpha=0$ $\gamma_o^\circ=-6$; $\gamma_s^\circ=-12$
12			THR 619 20C 2	
6, 7	Цільна твердосплавна фреза	TT2500	-	$\varnothing 10$, $dm_m=10$, $l_2=70$, $l_3=20$, $a_p=10$, $\varepsilon=0.3$, $r_{\varepsilon 1}=0.3$, $r_{\varepsilon 2}=2$, $z_n=6$
9	Свердло з циліндр. хвостовиком	TiAlN + TiN	-	$\varnothing 18$, $l_4=41$, $l_2=123$, $l_1=75$, $l_c=48$, $l_6=73$, $dm_m h_6=18$
8,10	Свердло з циліндр. хвостовиком	TiAlN + TiN	-	$\varnothing 16$, $l_4=39$, $l_2=115$, $l_1=67$, $l_c=48$, $l_6=65$, $dm_m h_6=16$

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням способу обробки, типу інструмента, геометричних параметрів його різальної частини та габаритів, визначених із умов міцності, виконують підбір типорозмірів металорізальних інструментів. Результати заносять до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру інструментів

№ з/п пов.	Тип інструменту	Основні розміри інструменту, пластини		Матеріал ріжучої частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами	
1	2	3		4	5	
1;5, 2-4, 15-17	Прохідний різець для контурної обробки	Державки: h=20мм; b=20мм; l ₁ =125мм; f ₁ =27,2мм; l ₃ =36мм; γ _o ^o =-6; γ _s ^o =-12;	Пластини: Чорнова d=12,7мм; l=8.7мм; s=4.76мм; h=5,15мм; r _ε =rep=0.4-1.6мм; Чистова d=12,7мм; l=8.7мм; s=4.76мм; h=5,15мм; r _ε =rep=0.4-1.6мм	Чорнова - TP2501 Пів чистова - TP 1501	Державка: PWLNR 2020K08J ETL	Пластини: Чорнова - WNMG 080408 - M5 Пів чистова - WNMG 080408 - MF5
11, 14	Розточний різець	Державки: dm _m =20мм; h=18мм; b=19мм; l ₁ =200мм; f ₁ =13мм; l ₃ =30мм; D _{мін} =25мм; γ _o ^o =-6; γ _s ^o =-12	Пластина пів чистова: d=9.53мм; l=9.7мм; s=3.18мм; h=3.81мм; r _ε =rep=0.4-0.8мм	Чистова - TP 2501	Державка: PWLNR 2020K08J ETL	Пластини: Пів чистова - CNMG 090308 M3
13	Канавочний різець	Державки: h=20мм; b=20мм; l ₁ =125мм; f ₁ =27,2мм; l ₃ =36мм; γ _o ^o =-6; γ _s ^o =-12	Пластина пів-чистова: t=1,65мм l=3.9мм r=2мм e=0,175мм	Чистова - TP 2501	T6BR 32T41-4	TDT 4E _{04TCE}
6, 7	Цільна твердосплавна фреза	dm _m =10, l ₂ =70, l ₃ =20, a _p =10, ε=0.3, r _{ε1} =0.3, r _{ε2} =2, z _n =6	—	Чистова - TT 2500	JH130-MEGA 130100-MEGA	

Продовження таблиці 3.3

1	2	3		4	5	
12	Канавочний різець	Державки: $dm_m=20\text{мм};$ $h=18\text{мм};$ $b=19\text{мм};$ $l_1=200\text{мм};$ $f_1=13\text{мм};$ $l_3=30\text{мм};$ $D_{\text{мін}}=25\text{мм};$ $\gamma_o^\circ=-6;$ $\gamma_s^\circ=-12;$	Пластина пів- чистова: $d=9.53\text{мм};$ $l=9.7\text{мм};$ $s=3.18\text{мм};$ $h=3.81\text{мм};$ $r_{\text{ε=rep}}=0.4-$ 0.8мм	Чистова - TT 2501	THR 619 20C 2	TIMC 2 TT 80 20
9	Свердло з циліндр. хвостовиком	$l_4=41, l_2=123, l_1=75, l_c=48,$ $l_6=73, dm_m h_6=18$		TiAlN + TiN	SD203-18.0-41-18R1	
8,10	Свердло з циліндр. хвостовиком	$l_4=41, l_2=123, l_1=75, l_c=48,$ $l_6=73, dm_m h_6=16$		TiAlN + TiN		

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з вибраних типів інструмента розглядають найбільш складні умови його експлуатації, характерні для чорнової обробки. З урахуванням умов різання – зокрема фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, технічних параметрів верстата та режимів різання – виконують розрахунок сил різання. Далі здійснюють перевірку обраного інструмента на відповідність вимогам міцності та жорсткості.

Walter Machine Calculator

Главная страница | Точение | Токарная обработка ISO

Нержавеющая сталь - (HB 300, Rm 1013 N/mm²)

Диаметр заготовки : 170.00 mm

Скорость резания : 989 m/min

Частота вращения об./мин : 1852 RPM

Глубина резания : 3.00 mm

Главный угол в плане : 90 °

Подача на оборот : 0.02 mm/rev

Минутная подача : 37 mm/min

Длина обработки : 150 mm

Передний угол : 0 °

КПД станка : 95 %

Критерий износа : 0 %

Сила резания : 344.36 N

Удельный съём материала : 58.24 cm³/min

Время обработки : 4 Минут 3 Секунд

Момент : 27.33 Nm

Мощность : 5.58 KW

Рисунок 3.9 – Розрахунок режимів різання

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

1. Визначаємо силу різання: визначена розрахунком режимів різання

$$P_z = 344,36 \text{ N}$$

Для розрахунку обираємо прохідний різець PWLNR 2020K08JETL, так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $l_1=125\text{мм}$; $f_1=27,2\text{мм}$; $l_3=36\text{мм}$.

2. Ширина і висота перетину державки $h=20 \text{ мм}$, $b=20 \text{ мм}$.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z\text{доп}} = \frac{bh^2\sigma_{\text{и.д.}}}{6l} = \frac{20 \times 20^2 \times 150}{6 \times 125} = 1600 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

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

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

$E=2 \times 10^{11} \text{ Па}$ – 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:

$$P_{z\text{доп}} > P_z < P_{z\text{жорст}}$$

$$1600 > 344,36 < 408,5$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

З урахуванням параметрів поверхонь посадкових місць верстата для встановлення ріжучого інструменту, а також характеристик посадкових поверхонь самих різальних інструментів, визначаємо типи допоміжного інструменту відповідно до міжнародних стандартів для кожного обраного різального інструменту. Отримані дані наведемо в таблиці 3.4.

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Метало-різальний верстат	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип різального інструменту (шифр)	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент (шифр)
1;5, 2-4, 15-17	LT3-200S	ER 25/25 мм	Прохідний різець для контурної обробки	b=20; h=20	Тримач для різців з квадратним перетином C6-ASHL-105-20JETI
11, 14		ER 25/25 мм	Розточний різець	dm _m =20; h=18; b=19	Тримач для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20
13		ER 25/25 мм	Канавочний різець	h=20мм; b=20мм	Тримач для різців з квадратним перетином C6-ASHL-105-20JETI
12		ER 25/25 мм	Канавочний різець	dm _m =20; h=18; b=19	Тримач для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20
6, 7		ER 25/25 мм	Цільна твердосплавна фреза	dm _m =10	ERHP 5672 – Цанга ER HP 32-10,0-5672S3210L
9		ER 25/25 мм	Свердло з циліндр. хвостовиком	dm _m h6=18	ERHP 5672 – Цанга ER HP 32-18,0-5672S3218L
8, 10		ER 25/25 мм	Свердло з циліндр. хвостовиком	dm _m h6=16	ERHP 5672 – Цанга ER HP 32-16,0-5672S3216L

Геометричні параметри тримача для різців з квадратним перетином C6-ASHL-105-20JETI [7] (рис. 3.10):

CTMS (з'єднання) - C6, CTWS (з'єднання з боку заготовки) = 20x20 мм, DCSFMS (діаметр поверхні контакту з боку верстату) = 63 мм, DIX

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

(максимальний діаметр) = 85 мм, HF (функціональна висота) = 20 мм, LF (функціональна довжина) = 105 мм, OAH (загальна висота) = 69 мм, OAW (загальна ширина) = 63.5 мм, RADH (висота за радіусом) = 37 мм, RADW (ширина за радіусом) = 30 мм, WF (функціональна ширина) = 10 мм.

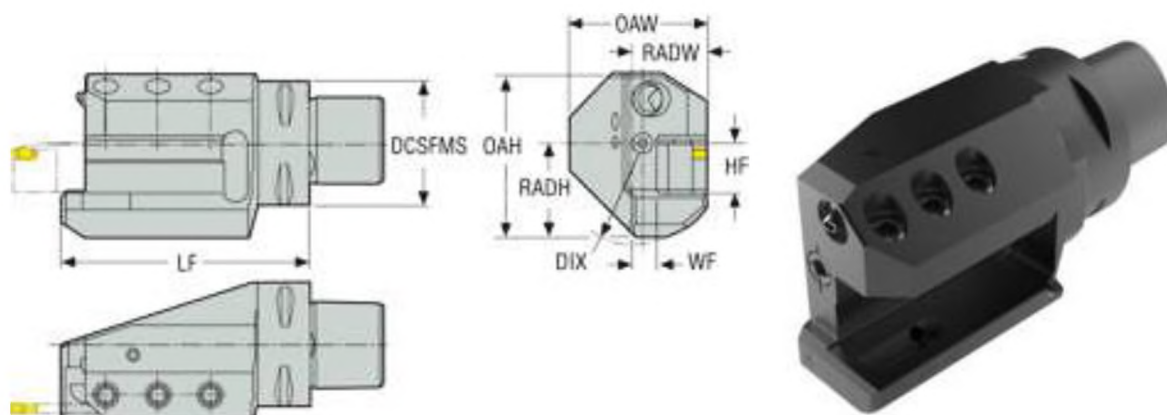


Рисунок 3.10 – Тримач для різців з квадратним перетином C6-ASHL-105-20JETI

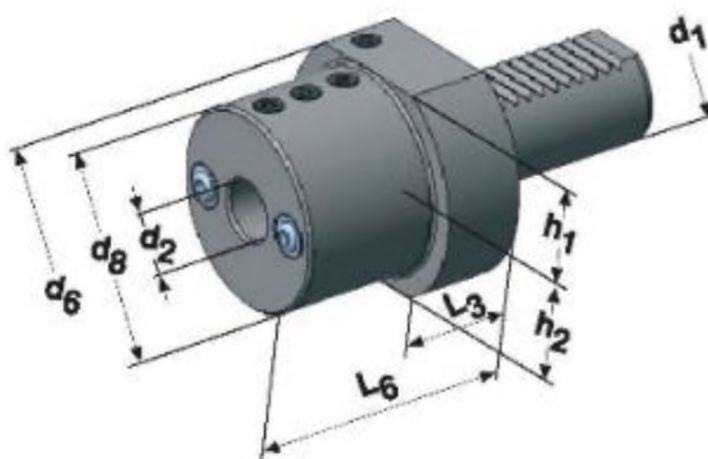


Рисунок 3.11 – Геометричні параметри тримача для розточних різців, тип: E2 409.52.20 E2-40x20 [7]:

$d_1=40$ 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

					КНУ.КБР.131.26.1-13.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – фасонного призматичного різця.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки – сталь 20ХН3А;

Твердість – 255 НВ;

Стан поверхні – після механічної обробки;

Діаметр поверхні заготовки до обробки – $164h8_{-0,063}$;

Діаметр отвору після обробки – 155

Шорсткість поверхні – Ra 6,3;

Ширина точіння – 6 мм;

Верстат – LT3-200S, потужність приводу – 7,5 кВт, максимальна частота обертів шпинделя – 3000 об/хв;

Стан верстату – задовільний;

Тип виробництва – одиничне

Порядок розрахунку:

1. Визначаю габаритні розміри різця в залежності від найбільшої глибини профілю деталі, яка виготовляється за [1, табл.28, с. 98].

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

$t_{\max}=6\text{мм}$; $B=14\text{мм}$; $E=6\text{мм}$; $H=75\text{мм}$; $A=20\text{мм}$; $F=10\text{мм}$; $r=0,5\text{мм}$; $d=4\text{мм}$; $M(h9)=24\text{мм}$

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

Приймаю передній кут $\gamma=14^\circ$, та задній кут $\alpha=10^\circ$.

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

$a=2\text{мм}$ – ширина додаткової кромки для зміцнення,

$c=3,5\text{мм}$ – 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 $\varphi_1=\varphi_{\text{фас}}$).

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-13.04.ПІАРІ</i>		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.		Коржавський			Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	Літ.	Арк.
Перевір.		Рязанцев					
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-22	
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					

4. Виконую розрахунок профілю різця графічним способом.

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

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Проведено інженерне дослідження спроектованого фасонного призматичного різця з використанням програмного модуля SOLIDWORKS Simulation. Аналіз здійснювався в рамках статичного структурного моделювання. Як об'єкт дослідження розглядався фасонного призматичного різця, матеріалом якого обрано сталь 1.2311 (40CrMnMo7) з бібліотеки SOLIDWORKS, що за своїми характеристиками близька до сталі P18.

Для розрахунку будуємо сітку кінцевих елементів (рис. 4.1) та прикладаємо необхідну силу, а також фіксуємо деталь.

Вихідні дані: модуль пружності: 2.1×10^{11} Па; границя текучості: 1.2×10^9 Па; границя міцності: 1.5×10^9 Па; коефіцієнт Пуассона: 0.28; навантаження: 22000 Н; тип аналізу: статичний.

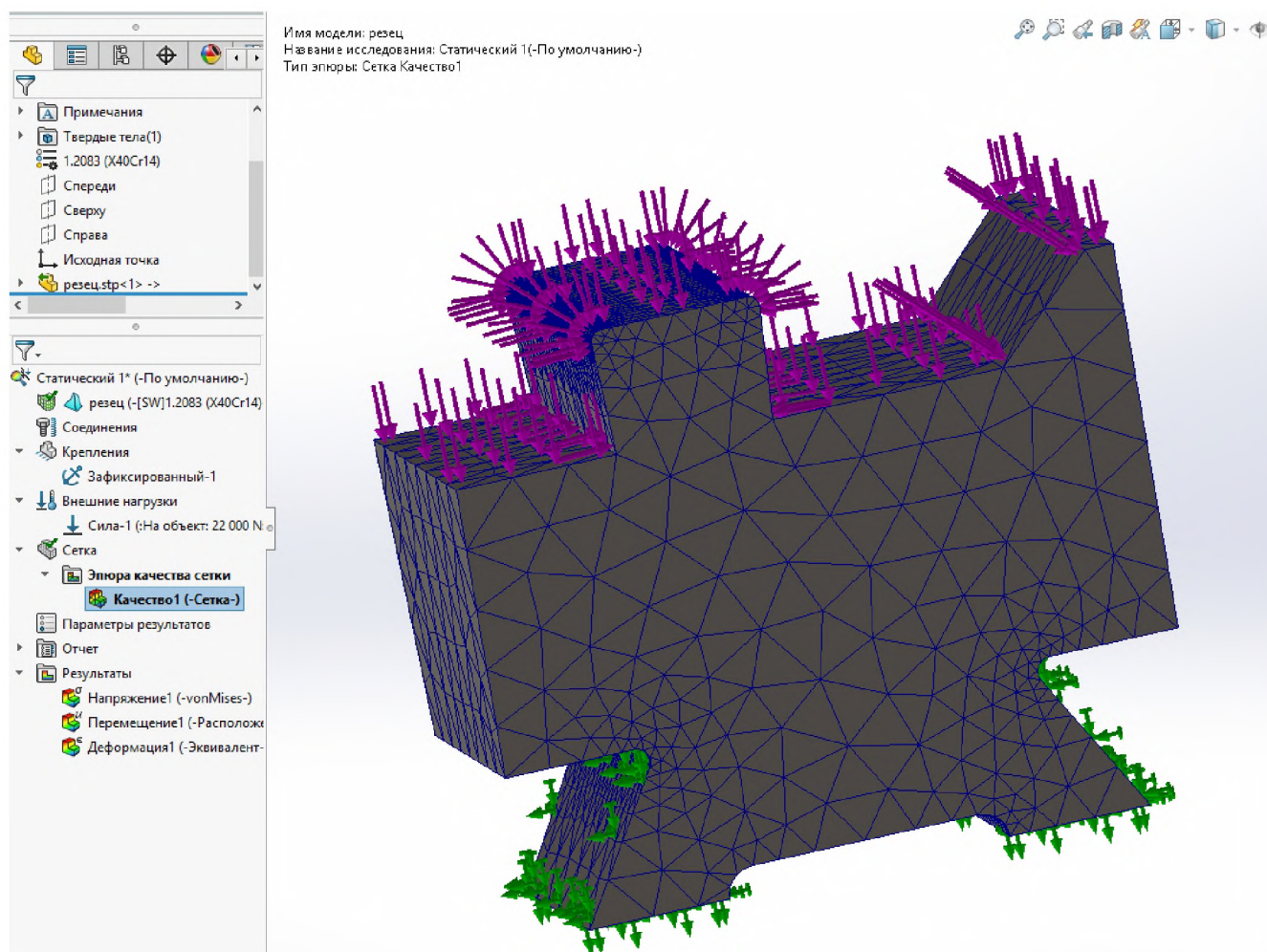


Рисунок 4.1 – Створена сітка кінцевих елементів для аналізу фасонного призматичного різця

					КНУ.КБР.131.26.1-13.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

4.2.1 Аналіз напружень фасонного призматичного різця

Максимальне еквівалентне напруження за Мізесом становить 2.218×10^{10} Па, що значно перевищує границю текучості матеріалу (рис. 4.2). Це свідчить про виникнення пластичної деформації та потенційне руйнування в зоні концентрації напружень. Ймовірні зони концентрації – різуча кромка та переходи перерізів.

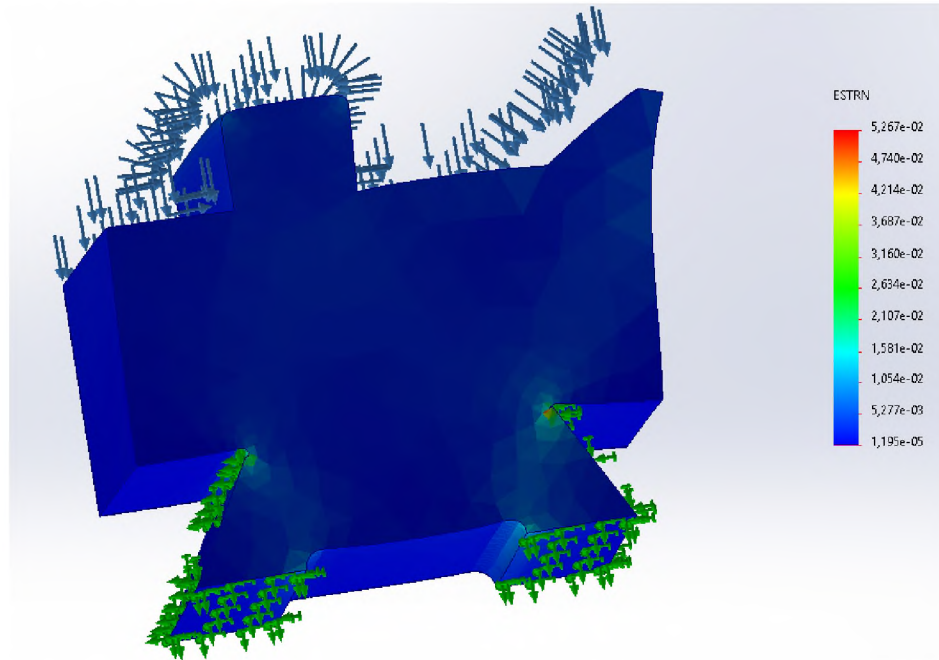


Рисунок 4.2 – Аналіз напружень фасонного призматичного різця

4.2.2 Аналіз переміщень фасонного призматичного різця

Максимальне переміщення становить 0.28 мм (рис. 4.3). Це свідчить про достатню жорсткість конструкції, однак локальні деформації можуть впливати на точність обробки.

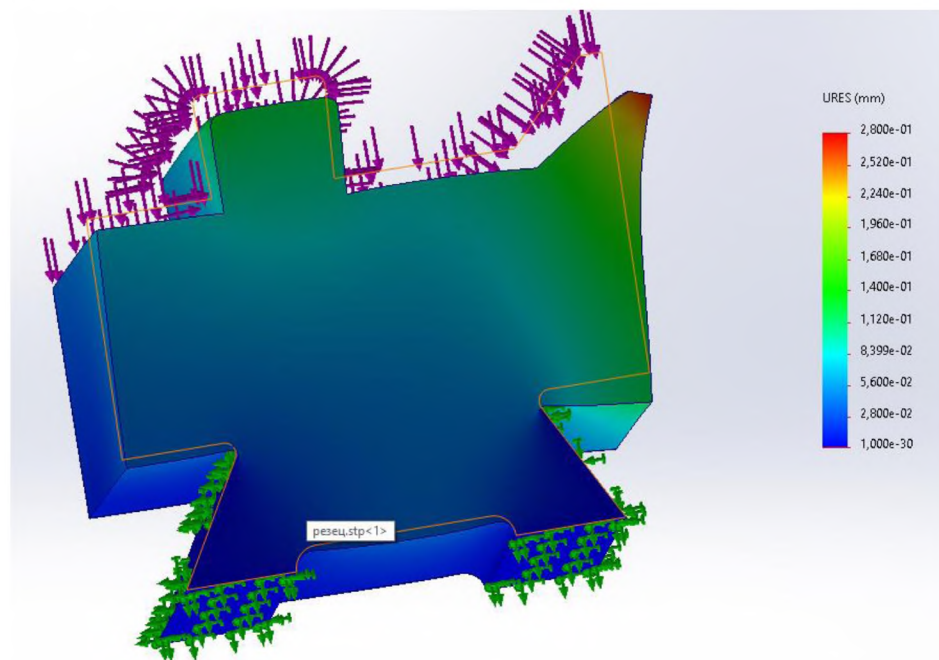


Рисунок 4.3 – Аналіз переміщень фасонного призматичного різця

					КНУ.КБР.131.26.1-13.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

4.2.3 Аналіз деформацій фасонного призматичного різця

Максимальна еквівалентна деформація становить 0.05267, що є дуже великим значенням для сталі. Це підтверджує перехід матеріалу в пластичний стан у критичних зонах (рис. 4.4).

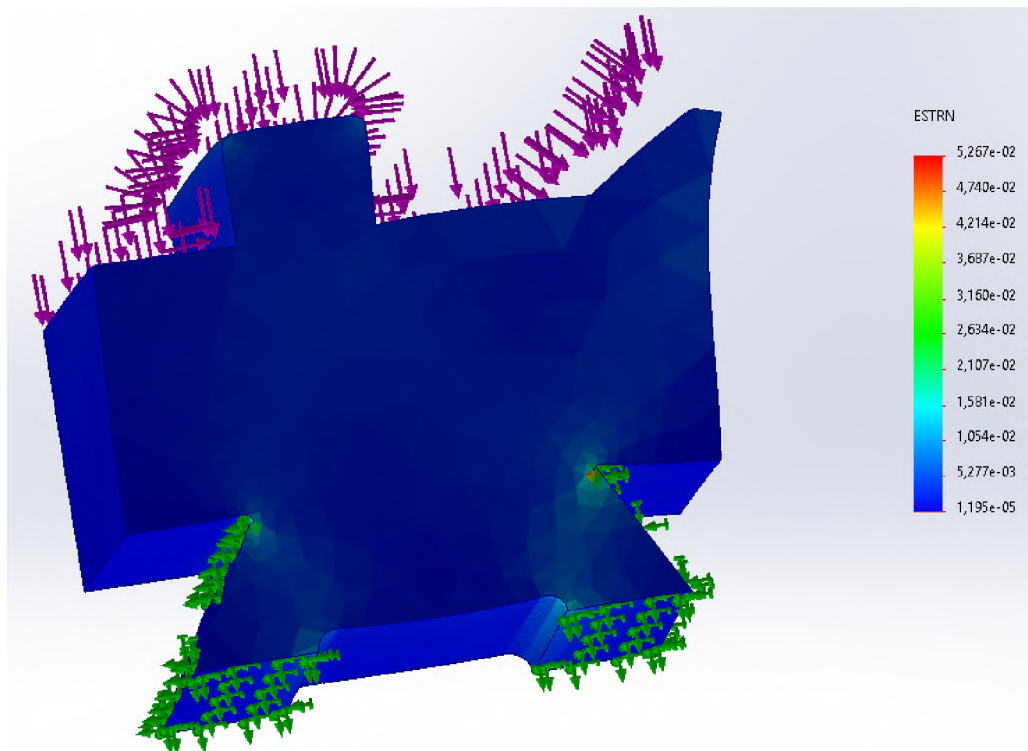


Рисунок 4.4 – Епюра деформацій свердла-зенківки

4.2.4 Загальний висновок та рекомендації

Конструкція різця працює в умовах перевищення допустимих напружень. Існує високий ризик пластичної деформації та руйнування. Жорсткість конструкції є задовільною, але міцність – недостатня.

Рекомендації

- збільшити радіуси заокруглень для зменшення концентрації напружень;
- використати матеріал з вищою міцністю;
- зменшити навантаження або змінити геометрію;
- провести оптимізацію форми різця.

					КНУ.КБР.131.26.1-13.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для виконання токарної обробки деталі «Кришка гільзи» було розроблено керуючу програму та здійснено моделювання повного технологічного процесу із використанням програмного комплексу Autodesk FeatureCAM. Обробку передбачається проводити на токарному обробному центрі з числовим програмним керуванням моделі QUICK-TECH LT3-200S, основні технічні параметри якого наведені в розділі 2.

Функціонування верстата забезпечується системою числового програмного керування FANUC 0i-TF Plus (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК FANUC 0i-TF Plus

Параметр / характеристика	Значення / опис
Кількість одночасно керованих осей	до 4 на канал
Кількість каналів (paths)	до 2
Інтерфейс оператора	LCD панель, сенсорний екран, iHMI, PC-інтерфейс
Тип встановлення	Вбудований або автономний (stand-alone)
Макс. кількість кроків програми	До 100 000
Підтримка макропрограмування	Macro Executor, C-Executor
Система зв'язку	Ethernet, FOCAS API, IoT інтеграція
Керування інструментом	Розширена система керування інструментом, 3D компенсація
Точність обробки	Nano Interpolation, AI Contour Control
Компенсації похибок	Термокомпенсація, геометричні компенсації
Функції безпеки	Dual Check Safety
Перезапуск програм	Program Restart, Quick Restart
Підтримка 5-осьових функцій	TCP (Tool Center Point), нахилена площина обробки
Типи обробки	Токарна, шліфування, токарно-фрезерна
Висока точність обробки	Алгоритми AI та нано-інтерполяції забезпечують високу якість поверхні
AI Thermal Compensation	Компенсація температурних деформацій верстата

					КНУ.КБР.131.26.1-13.05.МПОМО					
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки			Літ.	Арк.	Архивів
Розроб.		Коржовський								
Перевір.		Рязанцев								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22					

Система FANUC 0i-TF Plus є сучасною універсальною ЧПК для токарно-фрезерних центрів, яка поєднує: достатню кількість осей для складної обробки; інтелектуальні алгоритми керування (AI, nano-інтерполяція); інтеграцію в цифрове виробництво (IoT); зручний інтерфейс оператора.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У ході розроблення керуючої програми для виготовлення деталі «Кришка гільзи» було послідовно змодельовано всі етапи технологічного процесу в середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних можливостей верстата QUICK-TECH LT3-200S, а також характеристик використаного різального інструменту (див. розділ 3), визначено раціональну послідовність виконання операцій обробки. Крім того, здійснено перевірку обраних технологічних рішень з метою підтвердження їх обґрунтованості та правильності.

На рисунках 5.1-5.7 представлено основні етапи симуляції процесу обробки деталі «Кришка гільзи», а також результати моделювання, що підтверджують відповідність розробленого технологічного процесу вимогам точності виготовлення та ефективності виробництва.

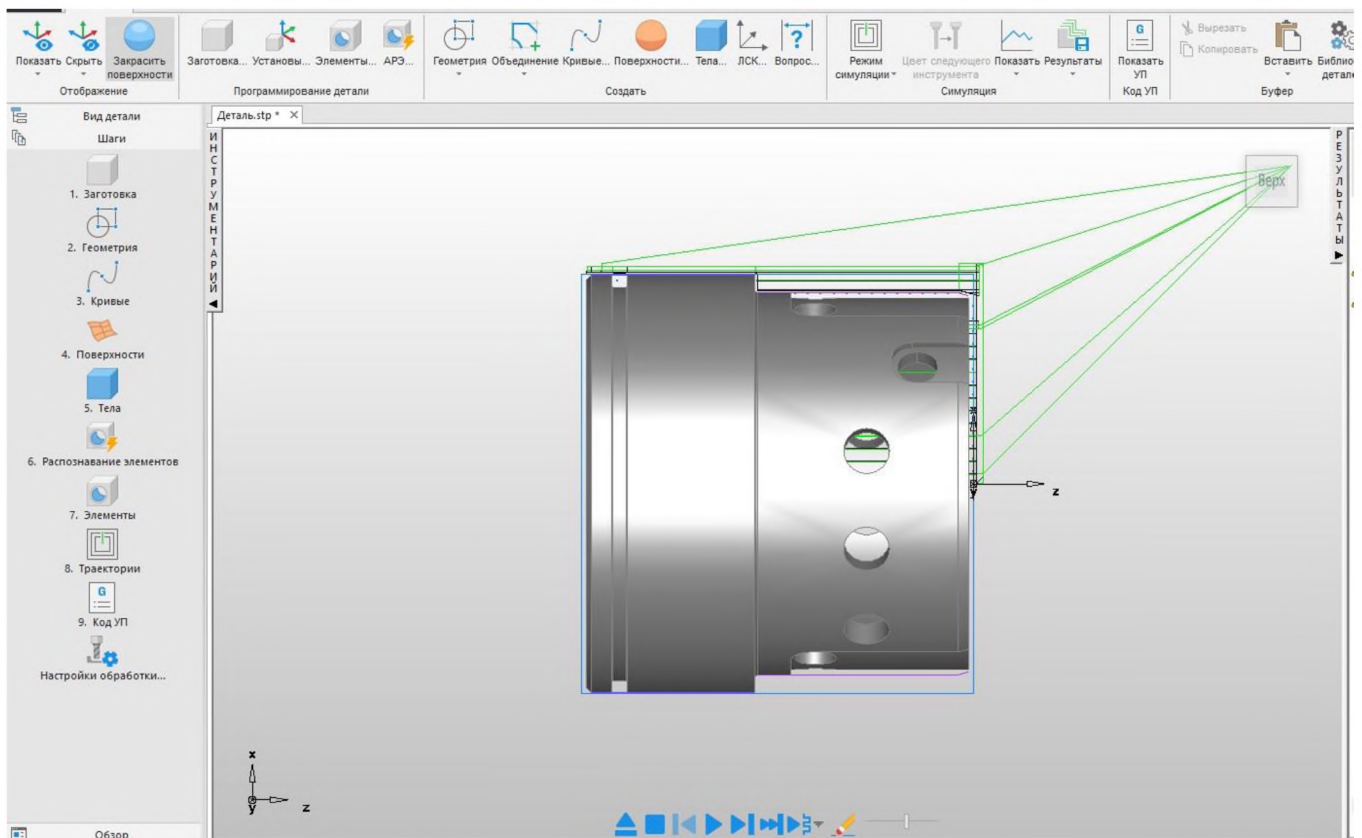


Рисунок 5.1 – Деталь «Кришка гільзи» з траєкторією руху інструмента у вікні FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.26.1-13.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

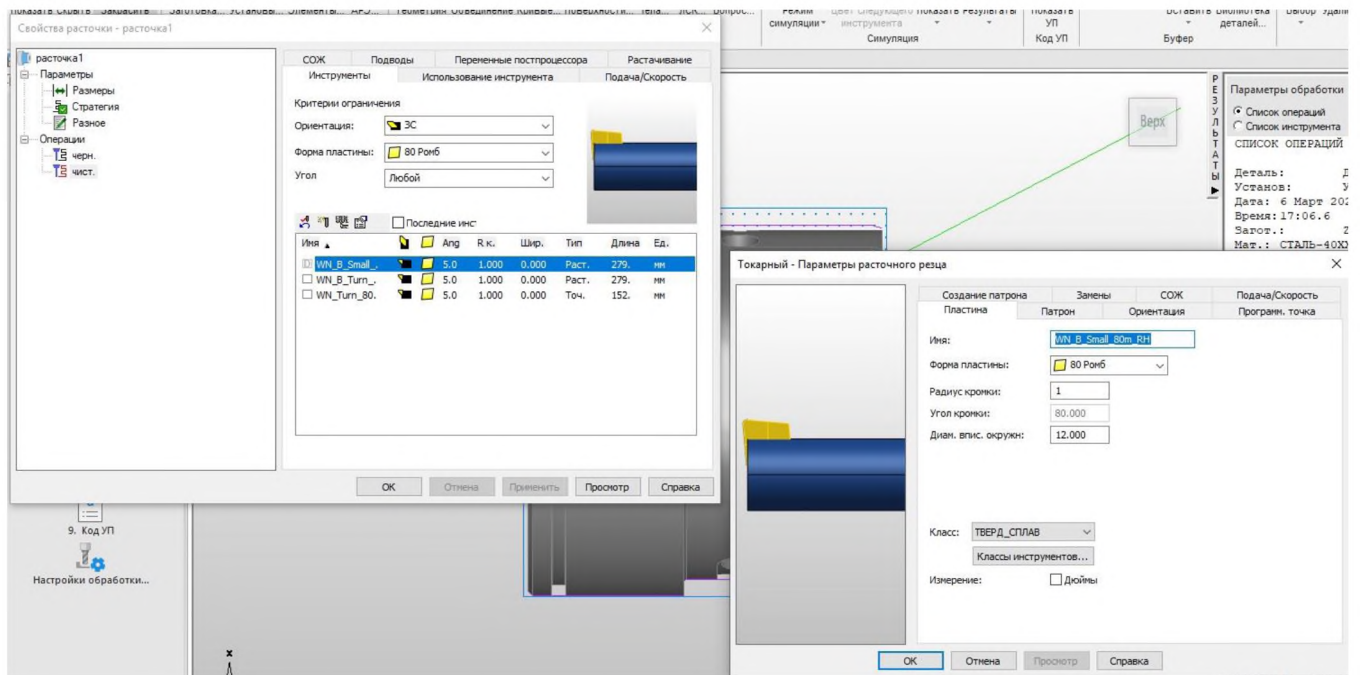


Рисунок 5.2 – Вибір різального інструменту для обробки деталі «Кришка гільзи» – різець розточний

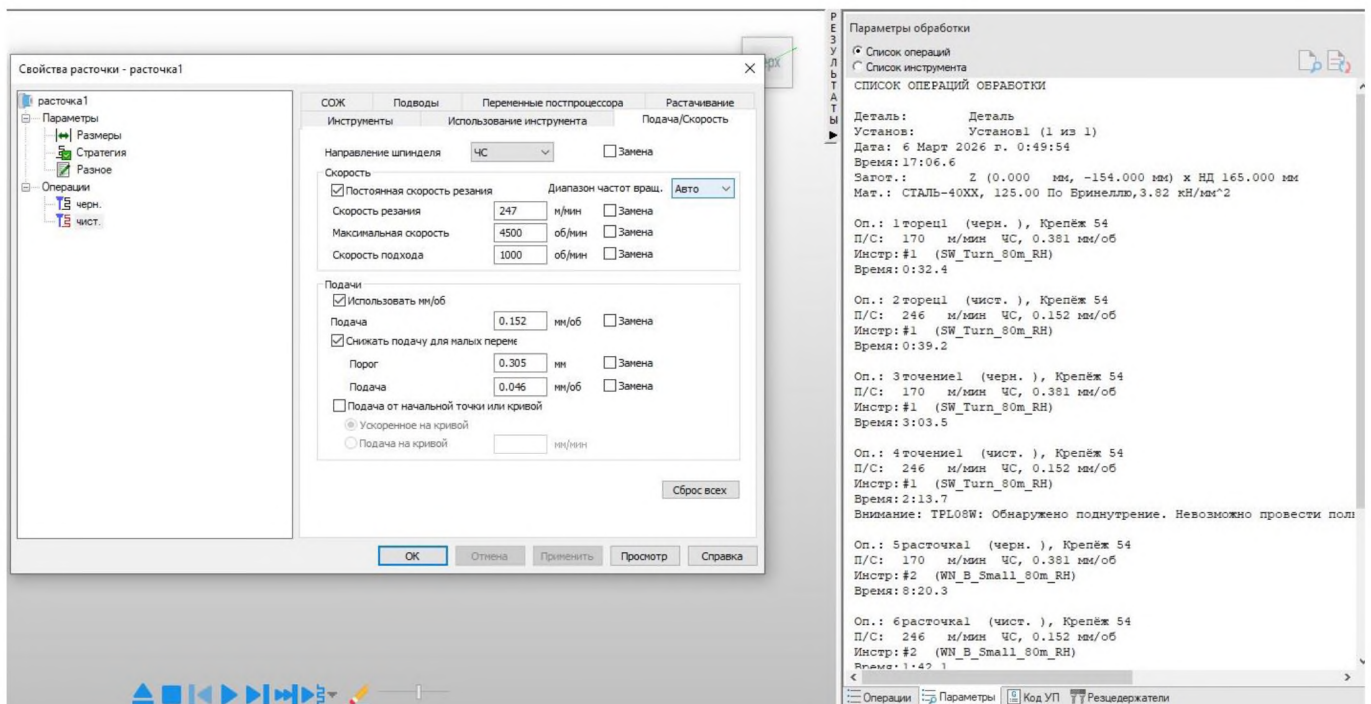


Рисунок 5.3 – Список операций обработки детали «Кришка гильзы» та вибір режимів різання

					КНУ.КБР.131.26.1-13.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

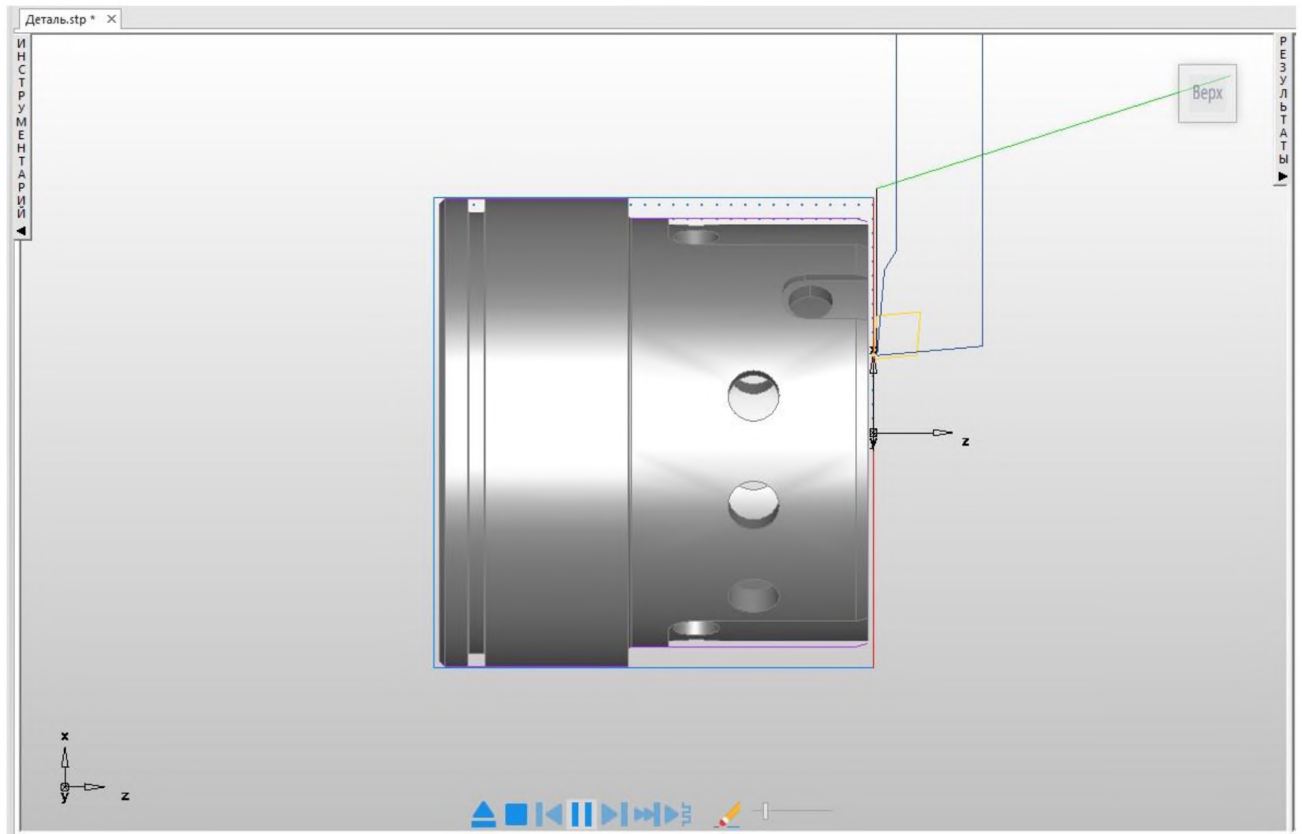


Рисунок 5.4 – Процесу обробки циліндричної поверхні підрізним різцем

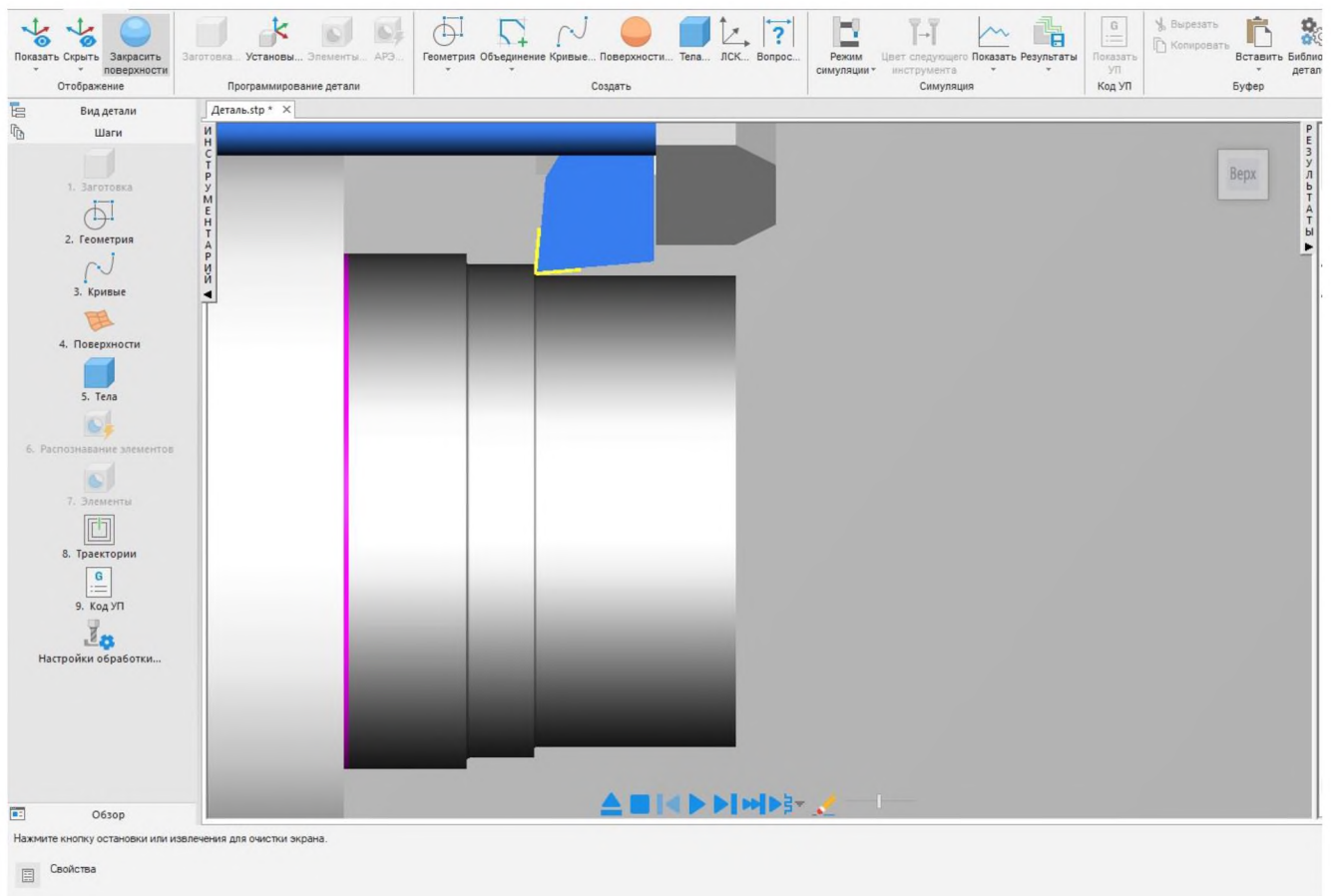


Рисунок 5.5 – Процесу обробки циліндричної поверхні прохідним різцем

					КНУ.КБР.131.26.1-13.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			

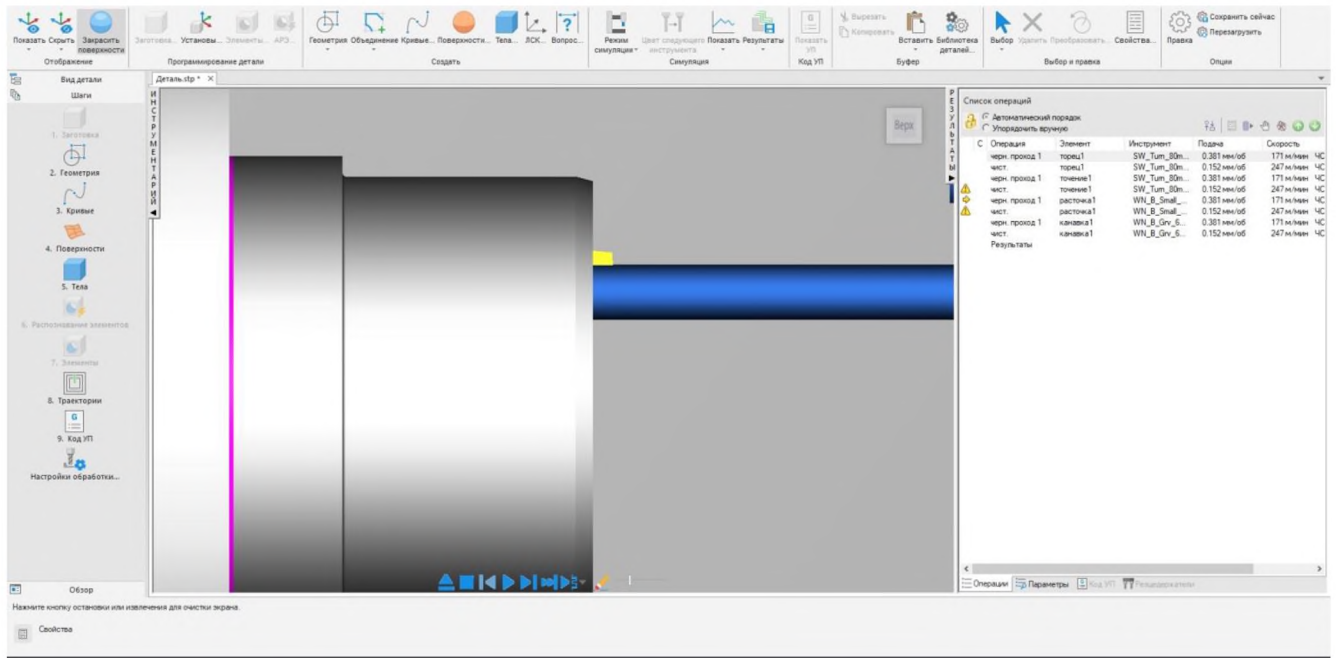


Рисунок 5.6 – Процесу обробки циліндричної поверхні розточним різцем

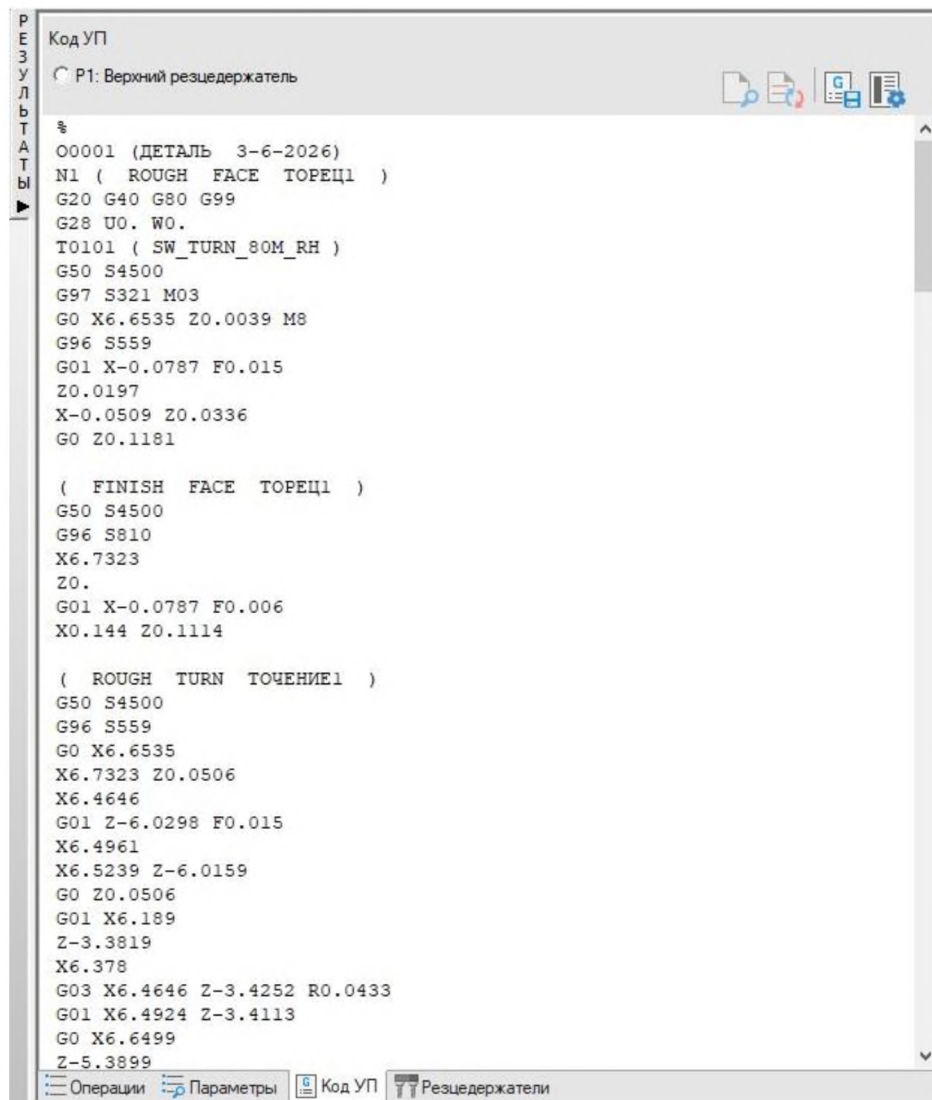


Рисунок 5.7 – Фрагмент КП обробки деталі

					КНУ.КБР.131.26.1-13.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено техніко-економічне обґрунтування та визначено собівартість виготовлення деталі «Кришка гільзи» для двох альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки. У процесі дослідження проаналізовано ефективність модернізації виробництва шляхом заміни морально й фізично зношеного обладнання – токарно-гвинторізного верстата 1А64, вертикально-фрезерного 6Р13 і радіально-свердлильного 2М55 – на сучасний токарно-фрезерний верстат з ЧПК QUICK-TECH LT3-200S.

Результати виконаних розрахунків, а також визначений термін окупності інвестиційного проекту наведено у таблицях 6.1-6.4. Зокрема, у табл. 6.1 подано вихідні дані, необхідні для проведення економічного аналізу; табл.6.2 містить допоміжні розрахункові показники, використані під час обчислень; у табл. 6.3 наведено дані щодо собівартості річної програми випуску деталей і обсягу капітальних інвестицій; у табл. 6.4 представлено загальні виробничі витрати, очікуваний річний економічний ефект та термін окупності запропонованої модернізації виробництва.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	1А64	6Р13	2М55	QUICK-TECH LT3-200S
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1300			1300
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20			20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3			3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	20	12	29	36
Час наладки верстата, хв.	16	4	8	20
Розряд:				
	контролера			5
	верстатника			5
	наладчика			5
наладчика інструменту		4		4
Кількість кадрів програми, шт.				300

					КНУ.КБР.131.26.1-13.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Коржавський				Організаційно-економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Рязанцев						Арк.шіф
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-22	
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						

Продовження таблиці 6.1

Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	50000	33000	31000	70000
Оптова ціна на прокат одного УСП $\mathcal{C}_{усп}$, грн				
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	0,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_t	0,083	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.				8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.				2000
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
верстатника $H_{ст}$	130	130	120	160
наладчика $H_{нал}$	135	130	125	150
наладчика інструмента $H_{ін}$	150	150	150	150
контролера H_k	145			145
Верстати				
Клас точності верстата	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,4	4,2	4,7	12,7
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,825 x 2	2,56 x 2,26	2,665 x 1	5,59 x 2,45
Габарити пристрою ЧПК, м				0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК				FANUC 0i-TF Plus
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини R_m	27,7	15	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	14	9,8	9,2	20,8
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	1	2
Оптова ціна верстата $\mathcal{C}$, грн.	260000	160000	145000	2725000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,55	0,75	0,9
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	11,7	5,8	2,7	13,7
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.				0,25

					КНУ.КБР.131.26.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини Н _м	401	401	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	1,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Φ _{об} , год	3975	3975	3975	3845
Виробничі та інші площі				
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд.} , грн	500			500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб.} , грн	1000			1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7			7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	180	200

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників				
Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	1A64	6P13П	2M55	QUICK-TECH LT3-200S
Трудомісткість обробки Т _{шт} , год	400	260	650	1300
Час наладки верстата впродовж року Т _н , год	5,333333	1,333333	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Т _{н.ін} , год	0,00	3,004444	15,02222	20,00
Час контролю деталей впродовж року Т _к , год	33,2	21,58	53,95	107,9
Кількість верстатників Р _{ст} , чол. (розрах.)	0,22	0,14	0,35	0,35
(дійсна)	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Р _н , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0007	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1	1

					КНУ.КБР.131.26.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.2

Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ин}$, чол. (розрахункова)	0,0000	0,001615	0,008076	0,01075
(дійсна)	0	1	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,012	0,03	0,06
(дійсна)	1			1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,19
(дійсна)	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	9			5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,18	0,1195	0,219	0,38

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_з + I_н + I_{ин} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_а + I_{пл} + I_{сл} + I_р + I_у + I_к,$											
де $I_з$ – зарплатня верстатника; $I_н$ – зарплатня за наладку верстата; $I_{ин}$ – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних $I_а$ – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; $I_р$ – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; $I_у$ – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; $I_к$ – зарплатня контролера											
										C_1 на деталь = 312,77	
										C_2 на деталь = 217,90	
$I_з$	$I_н$	$I_{ин}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	$I_а$	$I_{пл}$	$I_{сл}$	$I_р$	$I_у$	$I_к$
$C_1 = 270739 + 1928,91 + 2704,00 + 0,00 + 42560 + 0 + 3909,87 + 1413,16 + 63000 + 4578,6 + 0 + 15765,85 = 406599,30$											
$C_2 = 172860 + 1572,48 + 234,00 + 666,67 + 26133,3 + 0 + 21582,00 + 3024,00 + 35000 + 5813,8 + 736,31 + 15645,50 = 283268,62$											
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де $K_б$ – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 107437 + 3925 + 63000 + 173829 + 114000 + 0 = 462191$											
$K_2 = 539550 + 4394 + 28000 + 117371 + 70000 + 2000 = 761315,10$											

					КНУ.КБР.131.26.1-13.06.0ЕПВ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 6.4 – Показники приведених витрат, річного економічного ефекту та терміну окупності

Приведені витрати				
Z_1	=	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
475928		406599		0,15 · 462191
Z_2	=	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
397466		283269		0,15 · 761315

Річний економічний ефект				
E	=	Z_1	-	Z_2
78462		475928		397466

Строк окупності				
$T_{ок}$	=	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
2,43		761315 - 462191		406599 - 283268,6

За результатами виконаних розрахунків встановлено, що впровадження одного сучасного верстата з числовим програмним керуванням замість чотирьох морально застарілих одиниць обладнання дає змогу суттєво скоротити час обробки деталей. Запропонований варіант модернізації є економічно обґрунтованим, оскільки термін окупності капіталовкладень складає 2,43 роки, а очікуваний річний економічний ефект становить 78462 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при операціях термообробки сталі

Операції термічної обробки сталі є невід'ємною складовою сучасного машинобудування та металургії, проте вони супроводжуються значним техногенним навантаженням на довкілля та підвищеними ризиками для здоров'я працівників. Основними видами термообробки є гартування, відпуск, нормалізація та відпал, які здійснюються при високих температурах із використанням печей різного типу (електричних, газових, вакуумних). У процесі цих операцій формуються шкідливі виробничі фактори, що потребують комплексного екологічного та санітарно-гігієнічного контролю.

З екологічної точки зору найбільшу небезпеку становлять викиди продуктів згоряння палива, оксидів азоту, вуглецю, сірки, а також аерозолів металів і масел, які утворюються під час охолодження деталей у масляних ваннах. Такі викиди регулюються відповідно до Закону України «Про охорону атмосферного повітря», який встановлює гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин та вимоги до очищення газів перед їх викидом у атмосферу. Для підприємств термообробки обов'язковим є впровадження газоочисного обладнання (циклонів, електрофільтрів, скрубєрів), а також систем моніторингу викидів.

					КНУ.КБР.131.26.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Суттєвим фактором впливу є також забруднення водних ресурсів. При охолодженні металів застосовуються водні та масляні середовища, які можуть містити важкі метали, нафтопродукти та інші токсичні речовини. Відповідно до Водного кодексу України, скидання таких стічних вод можливе лише після відповідної очистки до встановлених нормативів. Тому на підприємствах впроваджуються замкнуті системи водопостачання та локальні очисні споруди.

У сфері поводження з відходами термічна обробка сталі також генерує небезпечні відходи, зокрема відпрацьовані масла, шлами та окалину. Їх утилізація регламентується Законом України «Про управління відходами», який передбачає ієрархію поводження з відходами: запобігання утворенню, повторне використання, переробка та безпечне видалення. Особливу увагу приділяють регенерації гартувальних масел і повторному використанню металевих залишків.

З позицій охорони праці операції термообробки характеризуються наявністю небезпечних і шкідливих виробничих факторів: високих температур, інтенсивного теплового випромінювання, токсичних газів, шуму, а також ризику опіків і вибухів. Основним нормативним документом, що регулює безпеку праці, є Закон України «Про охорону праці», який встановлює обов'язки роботодавця щодо створення безпечних умов праці та забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

Додатково застосовуються галузеві нормативи, зокрема правила безпеки в металургійній промисловості та державні санітарні норми. Наприклад, контроль мікроклімату виробничих приміщень регламентується ДСН 3.3.6.042-99, які визначають допустимі рівні температури, вологості та швидкості руху повітря. Для зниження теплового навантаження використовуються вентиляційні системи, теплові екрани та автоматизація процесів.

Важливим аспектом є також організація безпечної експлуатації термічного обладнання. Печі повинні відповідати вимогам технічних регламентів і проходити регулярні перевірки. Працівники зобов'язані проходити інструктажі, медичні огляди та навчання з техніки безпеки. Особливу увагу приділяють запобіганню аварійним ситуаціям, таким як займання гартувальних середовищ або вибухи газових сумішей.

Сучасні тенденції розвитку галузі передбачають впровадження екологічно чистих та енергоефективних технологій термообробки, таких як вакуумна обробка, індукційний нагрів та використання інертних газів. Це дозволяє значно знизити рівень шкідливих викидів і покращити умови праці. Крім того, цифровізація виробництва (використання систем автоматичного контролю) сприяє мінімізації людського фактору та підвищенню рівня безпеки.

Таким чином, екологія виробництва та охорона праці при термообробці сталі є комплексною проблемою, що потребує системного підходу, який включає дотримання нормативно-правових вимог, впровадження сучасних технологій та постійний контроль за станом виробничого середовища.

					КНУ.КБР.131.26.1-13.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської випускної роботи на тему «Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Кришка гільзи» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем» було вирішено комплекс конструкторсько-технологічних задач, спрямованих на підвищення ефективності механічної обробки відповідальної деталі гідроциліндра підйому кузова автомобіля-самоскида КАМАЗ-6520.

У першому розділі проведено аналіз вихідних даних та встановлено службове призначення деталі «Кришка гільзи» у складі гідроциліндра. Визначено основні технічні вимоги до деталі, проаналізовано умови її експлуатації та виконано розрахунок параметрів точності різбового з'єднання, що дозволило забезпечити необхідну герметичність і надійність роботи вузла.

У другому розділі досліджено службове призначення деталі, проведено аналіз якості оброблюваних поверхонь та визначено вимоги до їх точності і шорсткості. На основі аналізу конструкції деталі обґрунтовано вибір типового технологічного процесу її виготовлення із застосуванням сучасного високопродуктивного обладнання з числовим програмним керуванням.

У третьому розділі здійснено вибір металорізальних і допоміжних інструментів для обробки поверхонь деталі. Визначено оптимальні геометричні параметри інструментів та режими різання, що забезпечують підвищення продуктивності обробки і стабільність отримання необхідних параметрів точності.

У четвертому розділі виконано проектування спеціального фасонного призматичного різця. Розраховано його конструктивні параметри та проведено інженерний аналіз у програмному середовищі SOLIDWORKS Simulation. За результатами аналізу напружень, деформацій і переміщень встановлено, що конструкція інструменту має достатній запас міцності та забезпечує надійну роботу в умовах експлуатаційних навантажень.

У п'ятому розділі виконано моделювання та програмування операцій механічної обробки деталі в системі Autodesk FeatureCAM для токарної обробки на верстаті QUICK-TECH LT3-200S. Це дозволило оптимізувати траєкторії руху інструменту, скоротити час обробки та підвищити ефективність виробництва.

У шостому розділі виконано розрахунок техніко-економічних показників, який підтвердив економічну доцільність впровадження розробленого технологічного рішення. Встановлено, що строк окупності становить 2,43 роки при очікуваному економічному ефекті 78462 грн. Також розглянуто питання екології виробництва та охорони праці під час термообробки сталі, що забезпечує безпечні умови праці та відповідність сучасним виробничим вимогам.

					<i>КНУ.КБР.131.26.1-13.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Каржавський</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-22</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
2. 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.
3. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
4. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
5. «Загальний каталог інструменту» – TaeguTec. 2012р.
6. Каталог – Шліфувальні круги фірми Tyrolit_Praezisionskatalog. 2024р.
7. Каталог допоміжного інструменту фірми Seco, 2019р.
8. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
9. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
10. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					КНУ.КБР.131.26.1–13.СВД				
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					
Розроб.		Коржавський			Список використаних джерел		Літ.	Арк.	Архівів
Перевір.		Рязанцев							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Каф. ТМ, гр. ПМ-22				

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-22

(підпис)

Владислав КОРЖОВСЬКИЙ

Керівник КБР

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

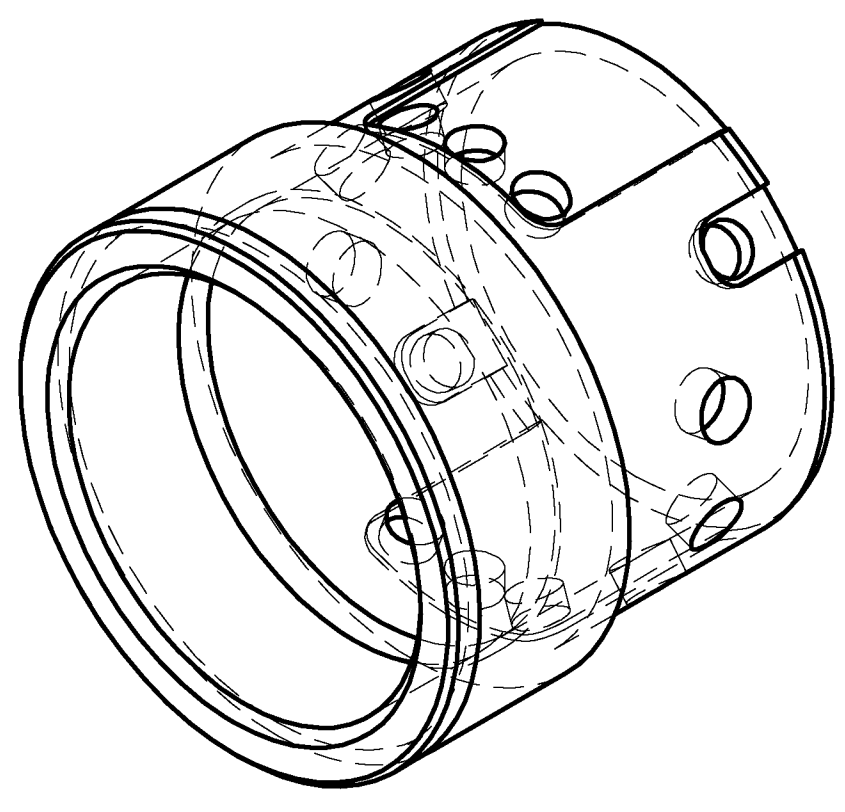
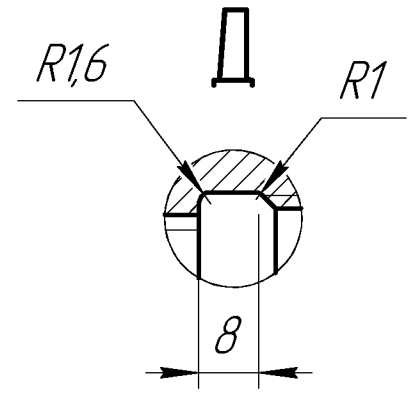
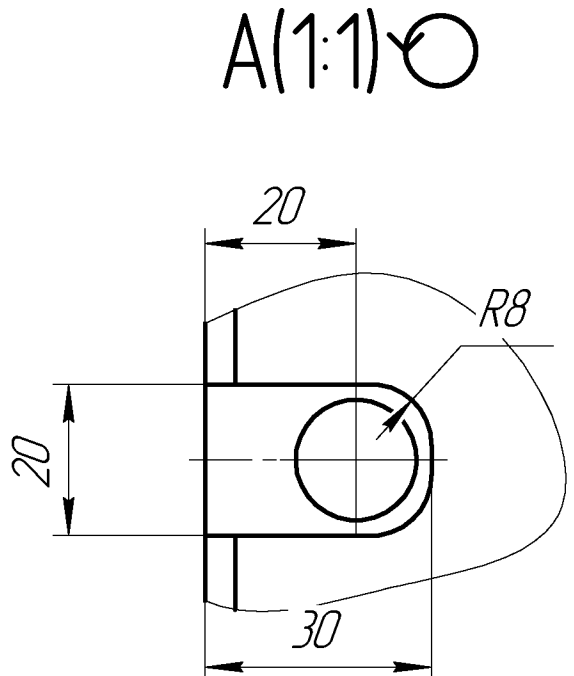
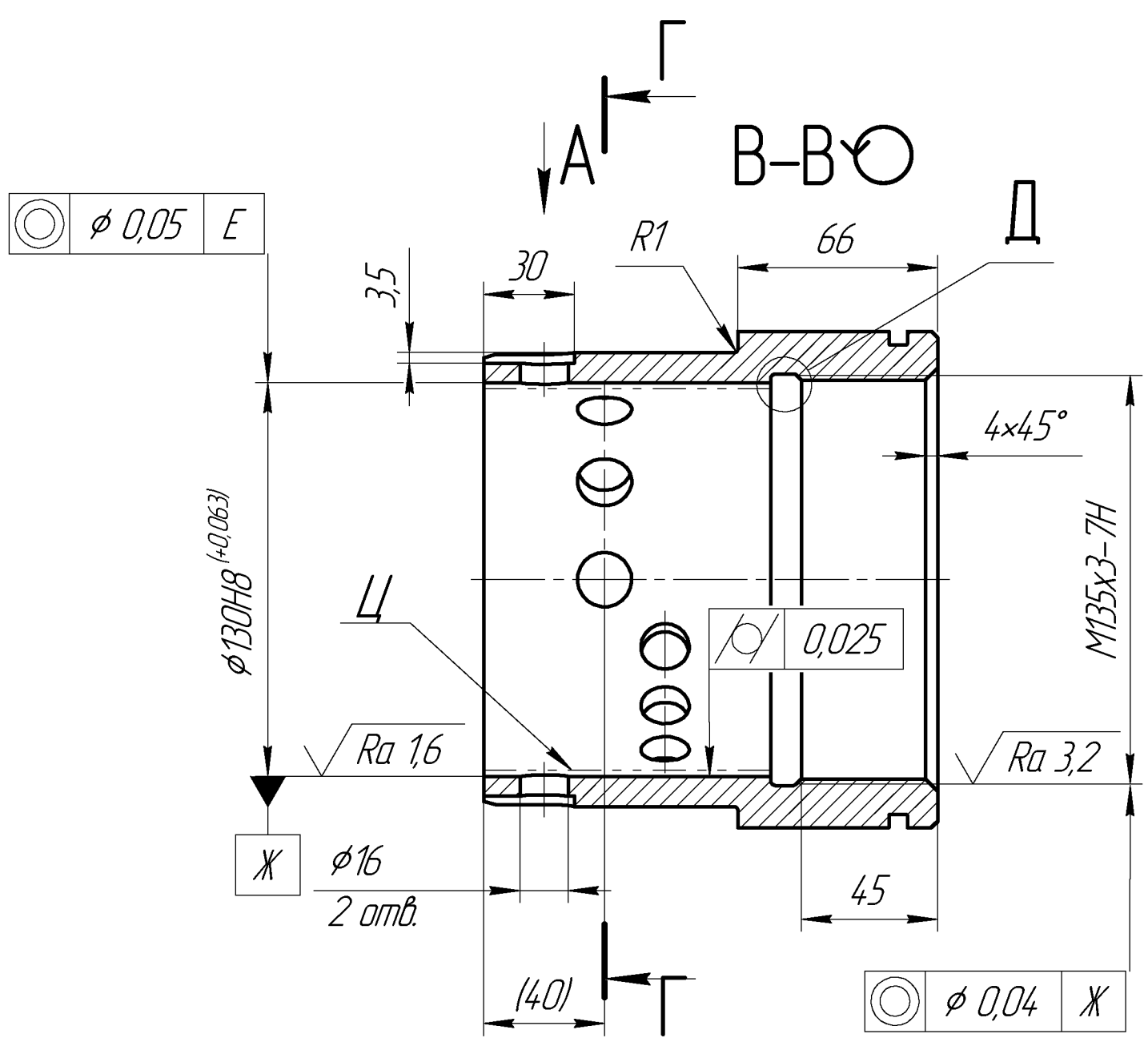
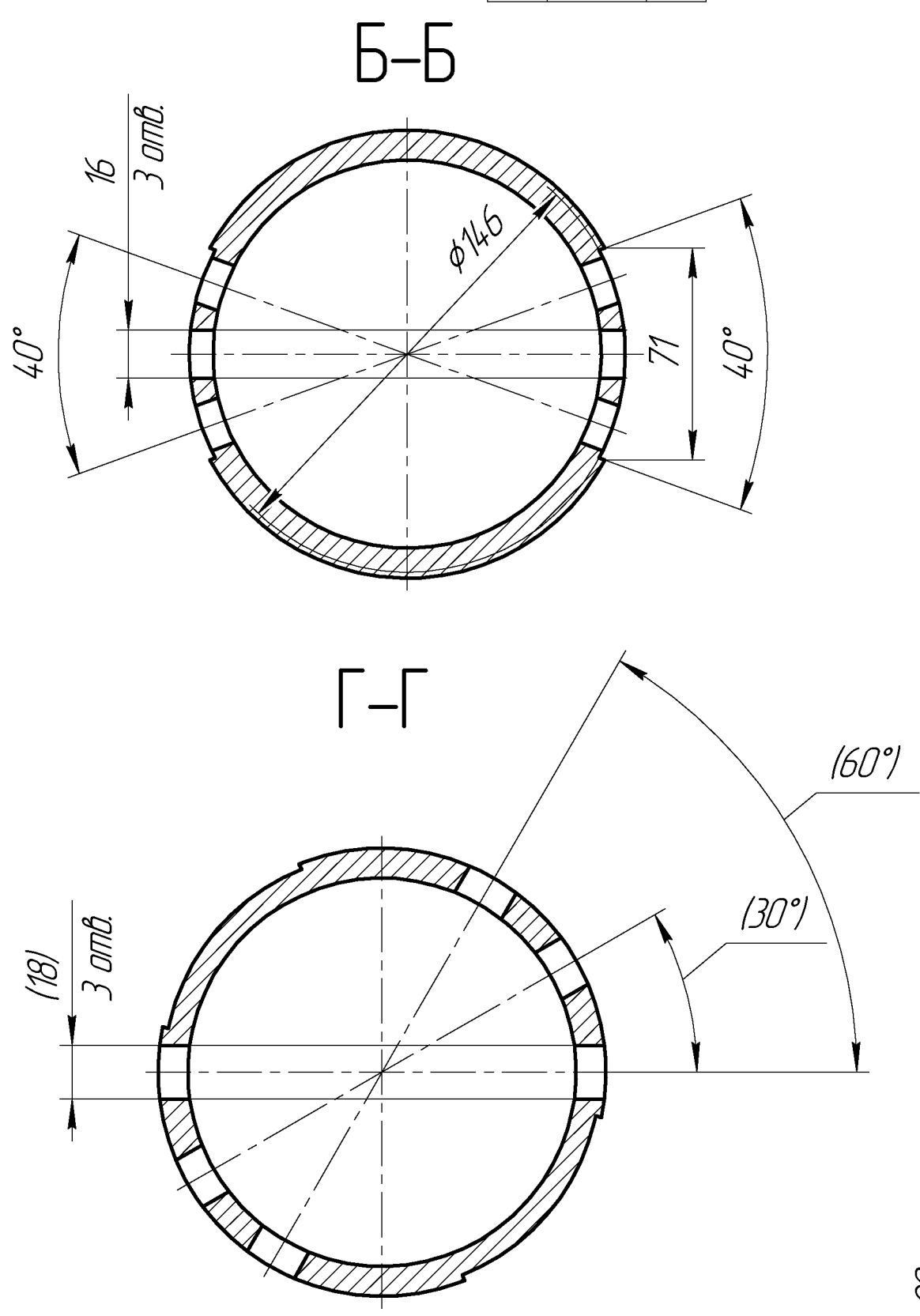
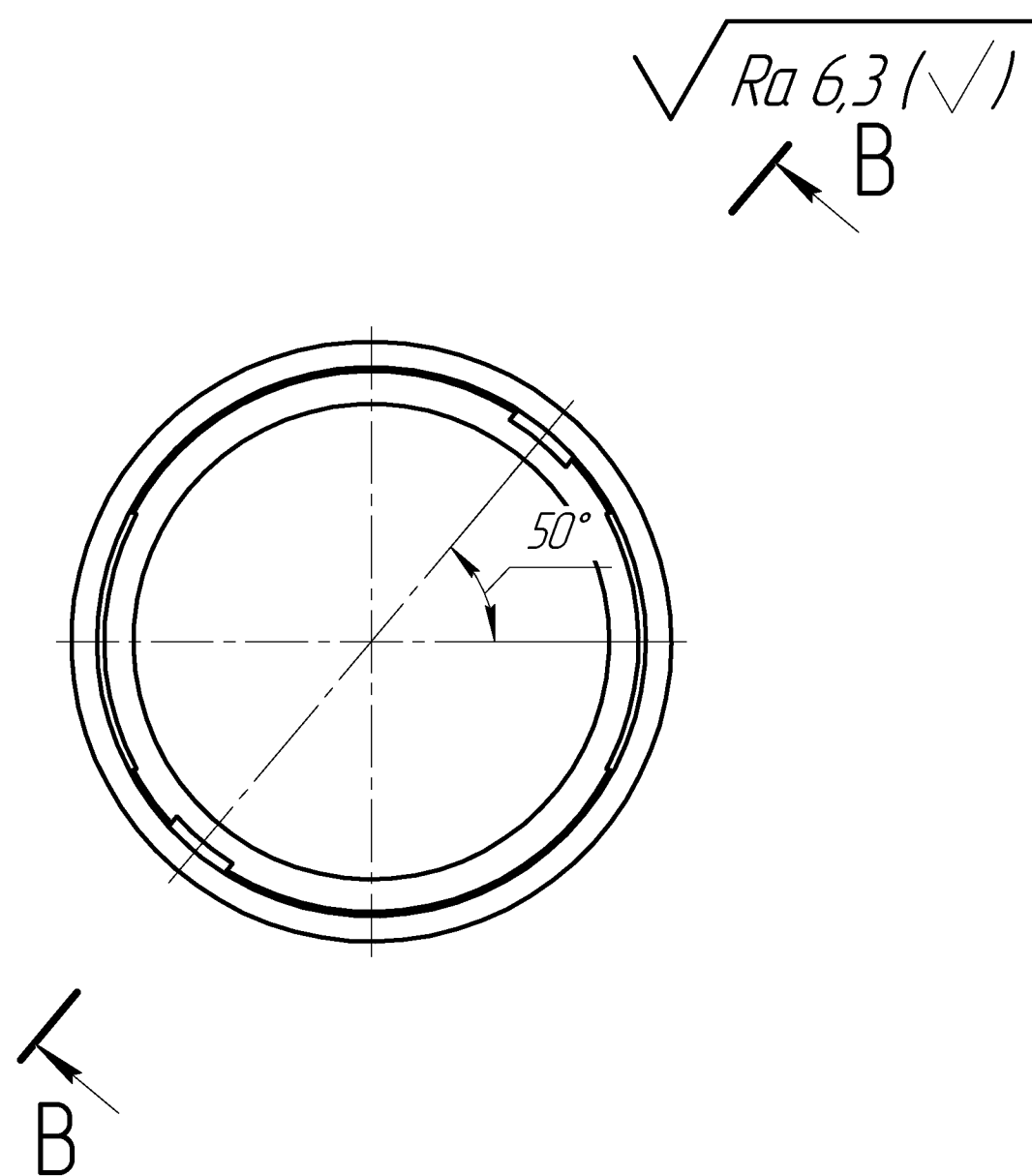
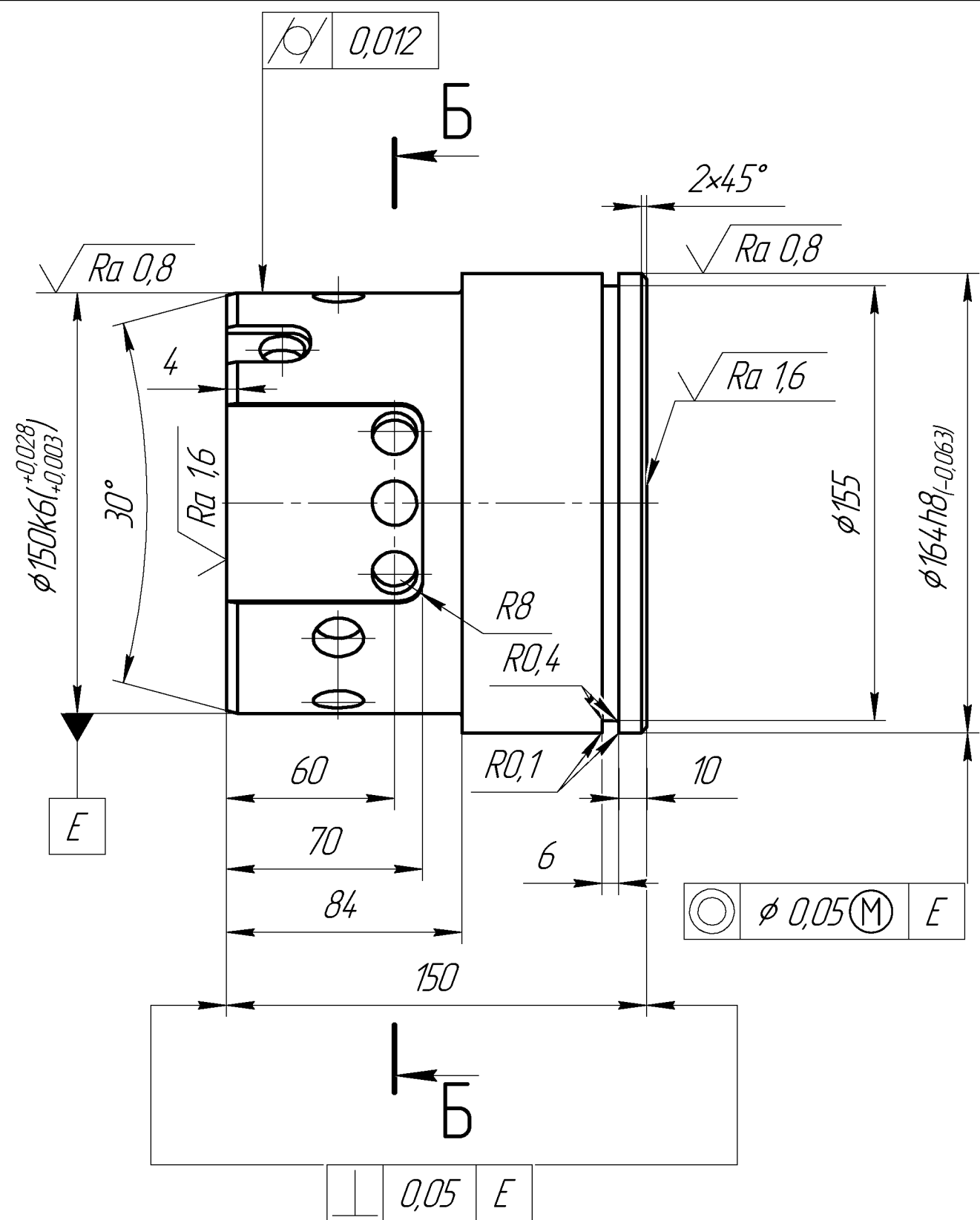
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Креслення			
	A2		1	КНУ.КБР.131.26.1-13.КГ	Криша гільзи	1			
	A2		2	КНУ.КБР.131.26.1-13.РФП	Різець фасонний призматичний	1			
	A3		3	КНУ.КБР.131.26.1-13.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1			
	A3		4	КНУ.КБР.131.26.1-13.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1			
	A3		5	КНУ.КБР.131.26.1-13.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1			
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инд. № подл.									
					КНУ.КБР.131.26.1-13.ВКІЗА				
Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата				
Разраб.		Коржовський				Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КБР			
Пров.		Рязанцев							
Н.контр.		Нечаєв							
Утв.		Рязанцев							
		Лит.	Лист	Листов					
		Н				1			
							Кафедра ТМ гр. ПМ-22		

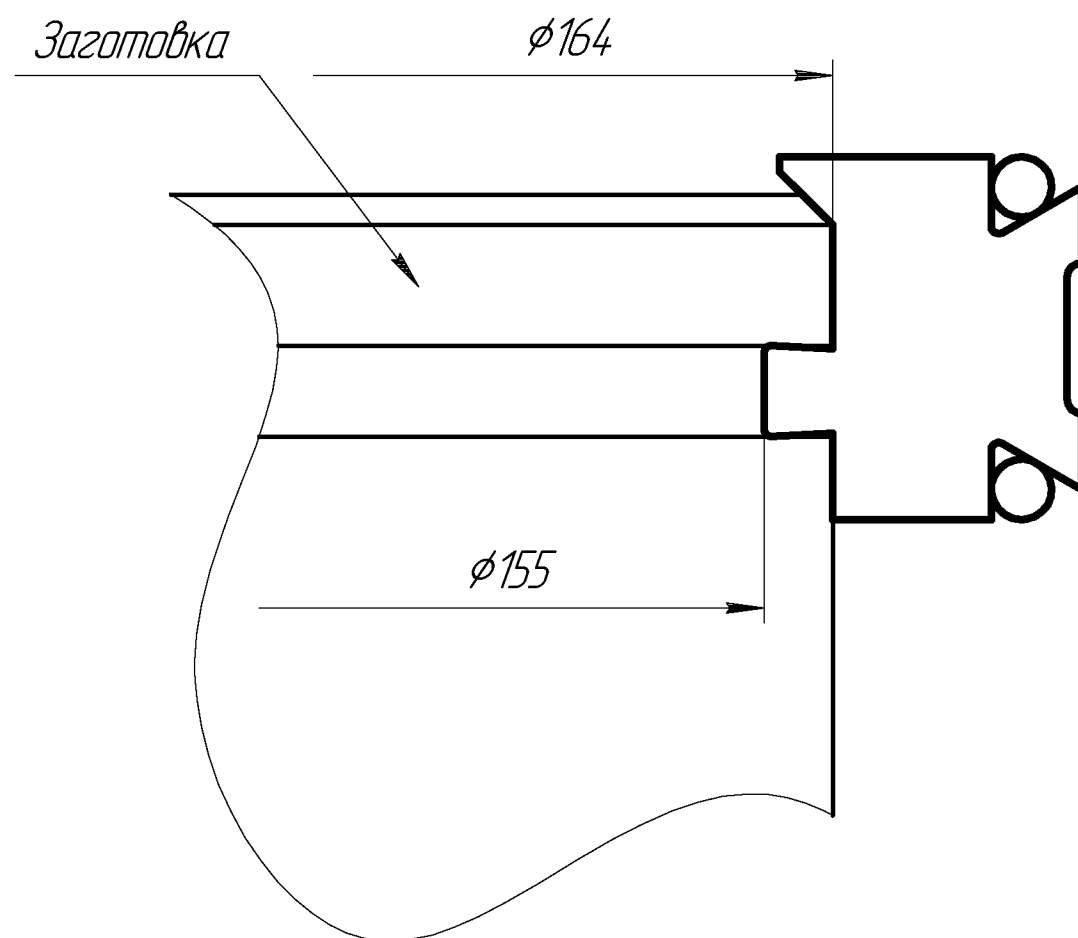
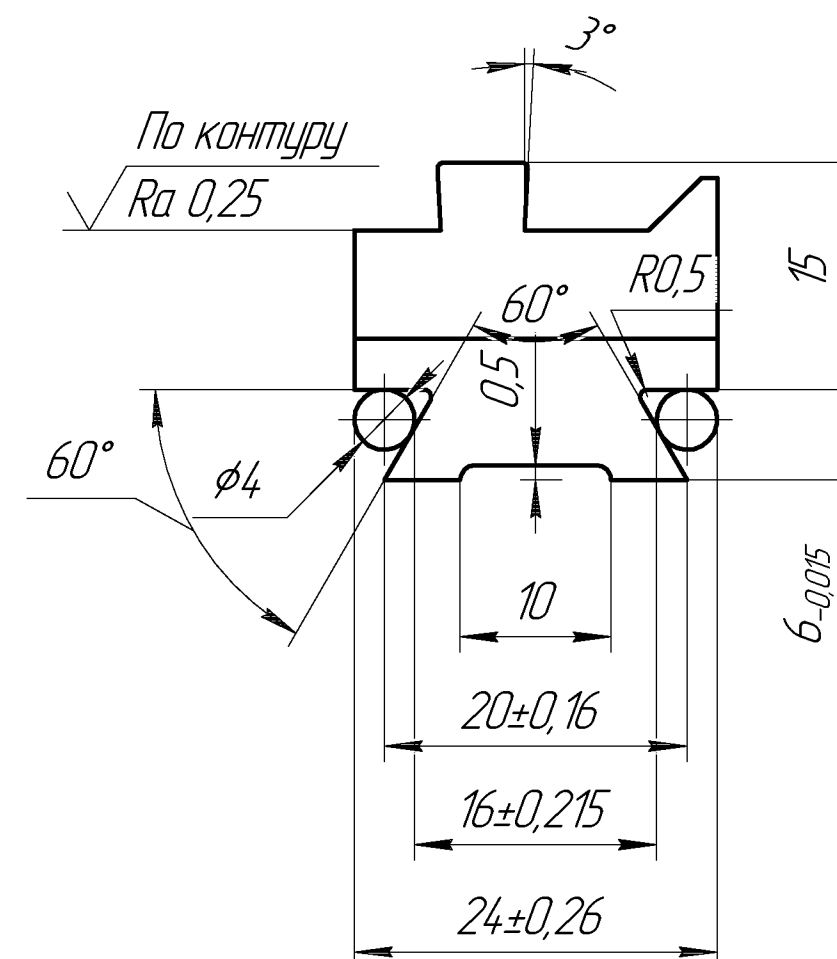
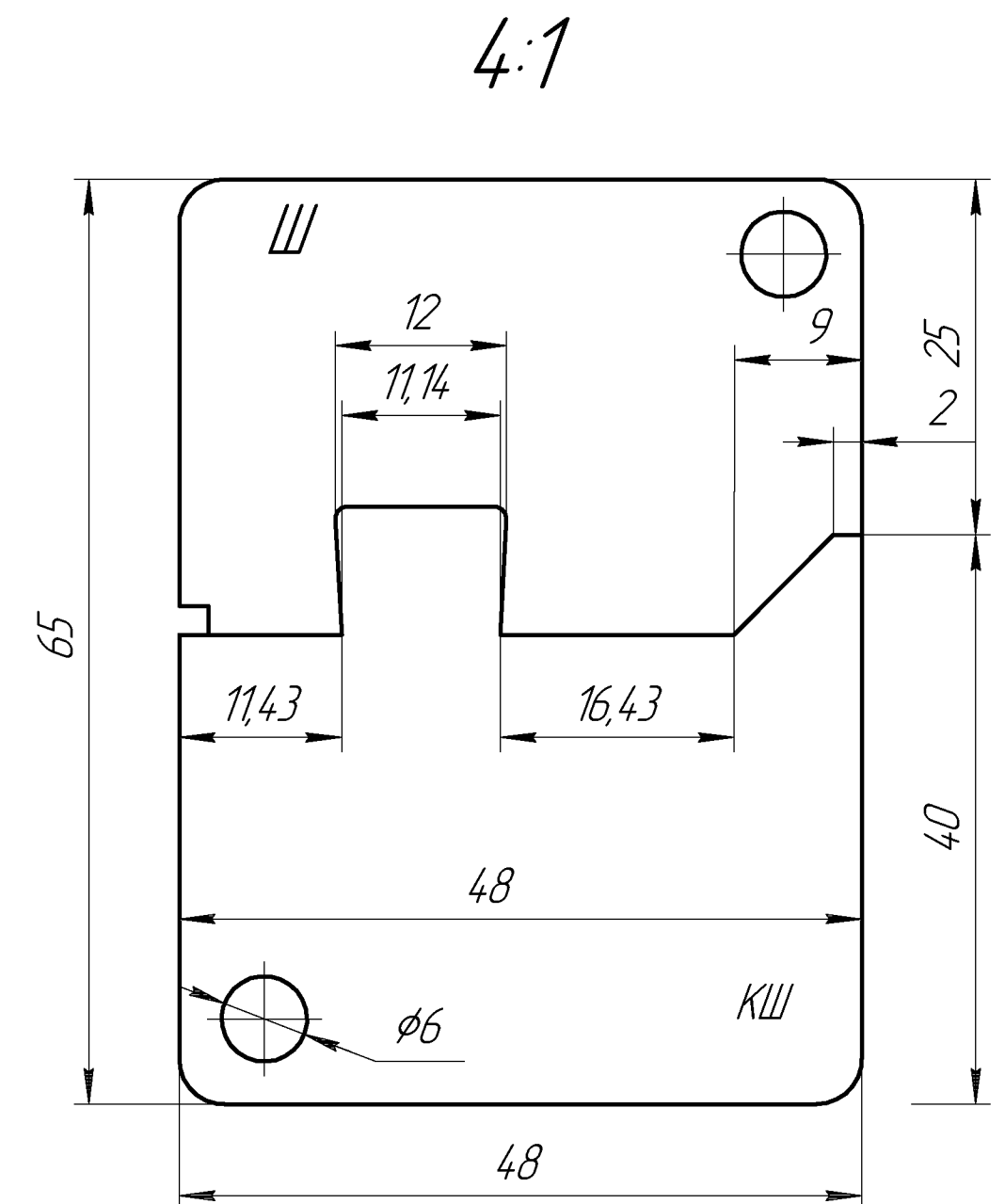
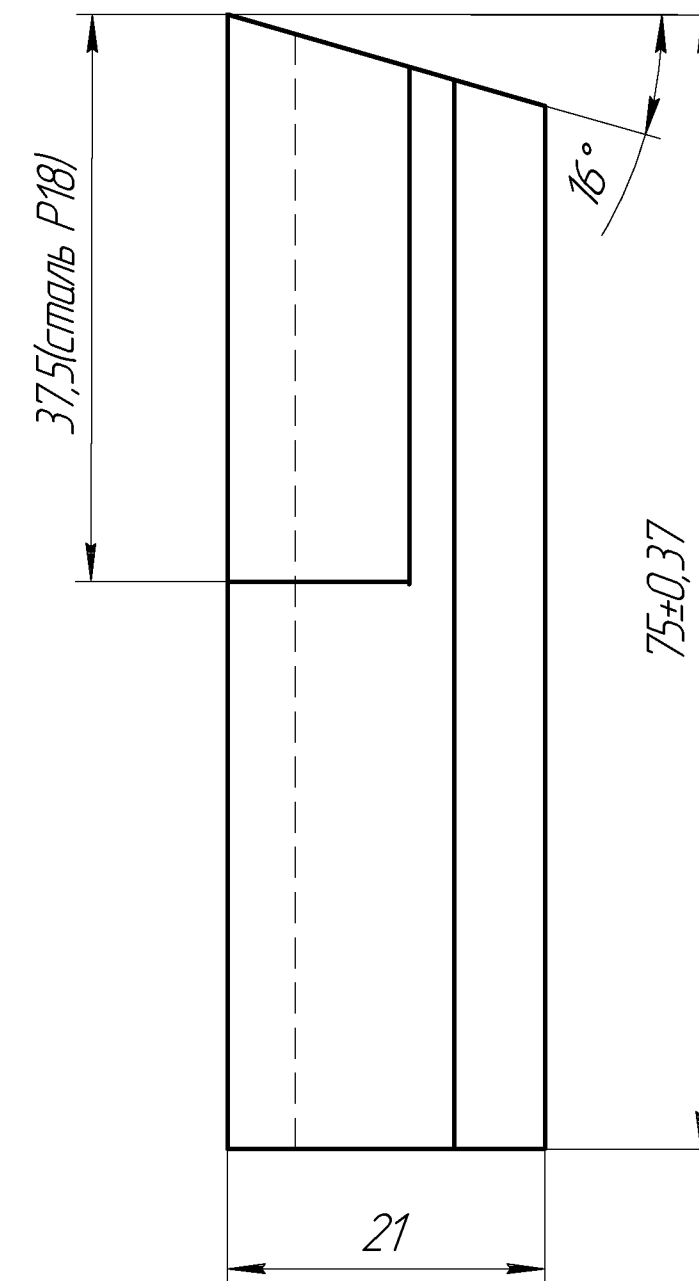
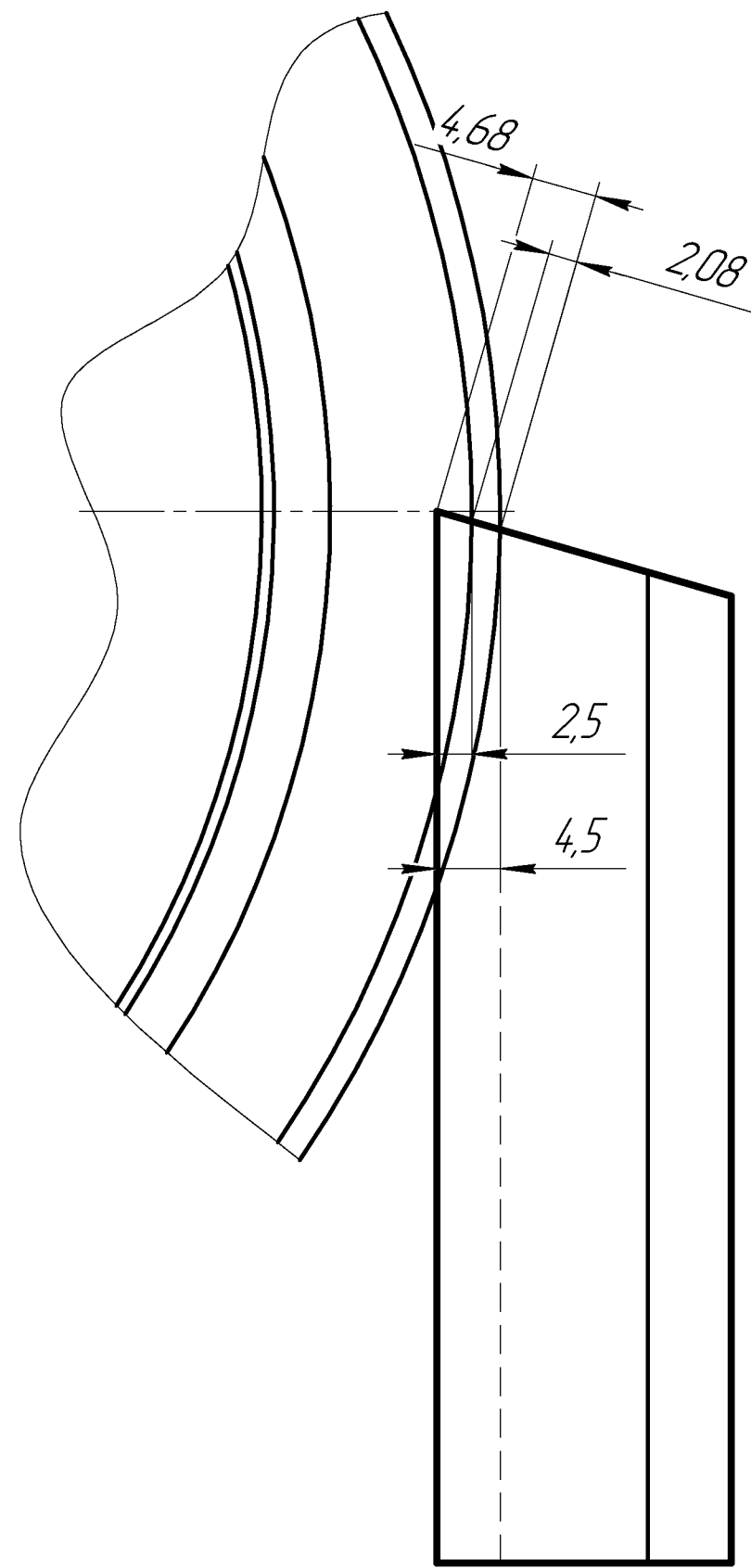
Копировал

Формат А4



- 1 Поверхню "Ц" - цементувати $h 0.8 \dots 1.2$; $45 \dots 50HRC$.
2 Розміри в скобках - після складання.
3 Невказані граничні відхилення: $H14$, $h14$, $\pm \frac{IT14}{2}$.

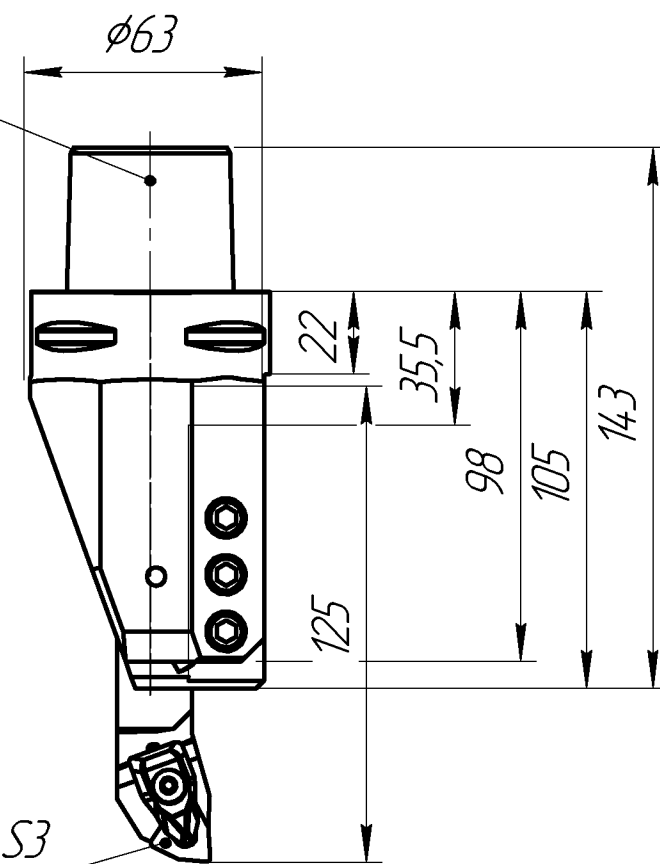
КНУ.КБР.131.26.1-13.КГ					Кришка гільзи		
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Коржовський					6,2	1:1
Керівник	Рязанцев				Аркцш	Аркцш	1
Н.контр.	Нечаев				Сталь 20ХНЗА ДСТУ 7806:2015		
Затв.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		

$\sqrt{Ra\ 1,00\ (\checkmark)}$ 

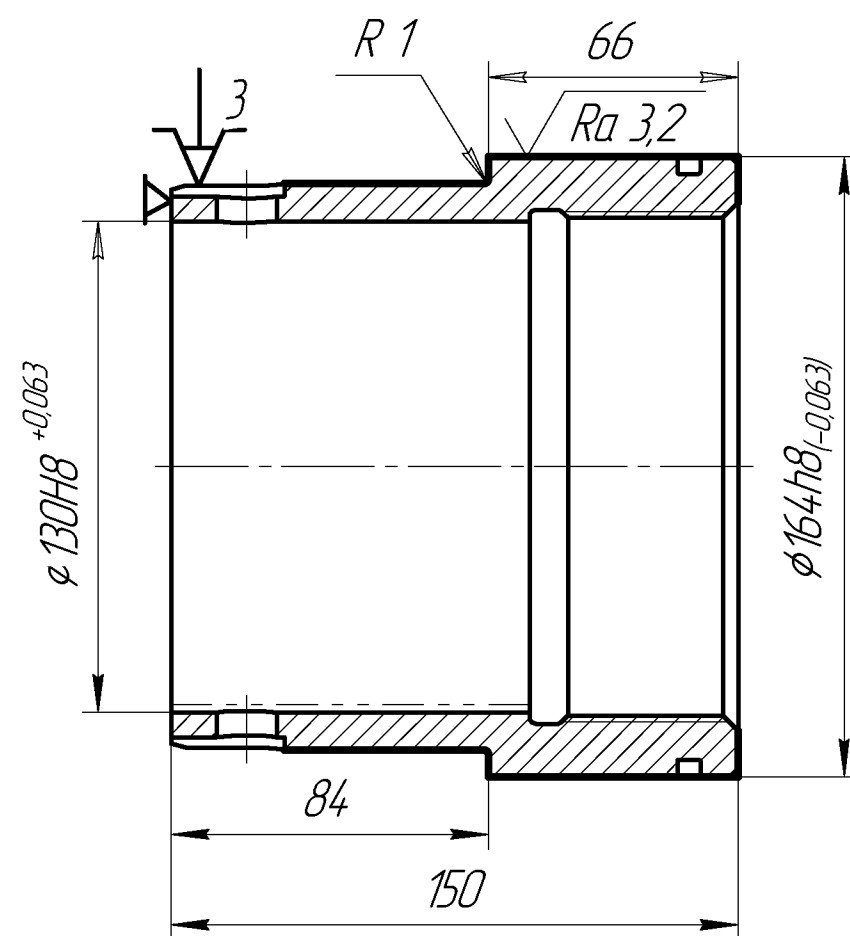
- 1 Твердість різця 63...66 HRC.
- 2 Матеріал шаблону і контршаблону – сталь X12 або інша для вимірвальних інструментів.
- 3 Твердість шаблону і контршаблону 62...65 HRC.
- 4 Розміри контурних точок профілю різця отримати корегуючим розрахунком з відхиленням до 0.001 мм.
- 5 Граничні відхилення розмірів H_{14} , h_{14} , $\pm \frac{IT_{14}}{2}$.

						КНУКБР.131.26.1-13.РФП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Різець фасонний призматичний	Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Коржавський					Н	6,2	2:1
Керівник	Рязанцев					Аркцш	Аркцш	1
Н.контр.	Нечасів				Сталь Р18 DIN 17350	Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев					гр. ПМ-22		

Тримач для різців з квадратним
перетином C6-ASHL-105-20JET1



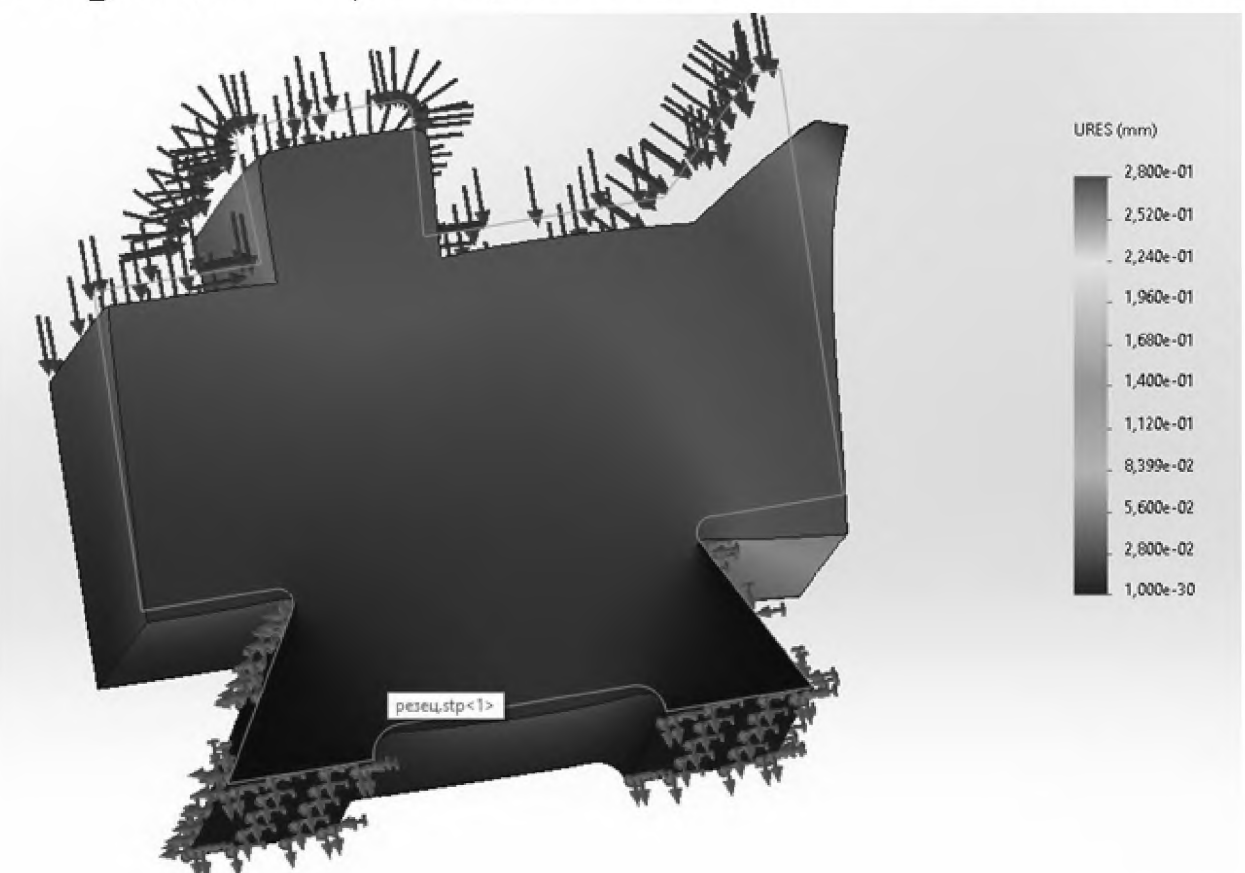
Пластина WNGA 080408 WZ-LS3
Державка TWLNR 2020 K08



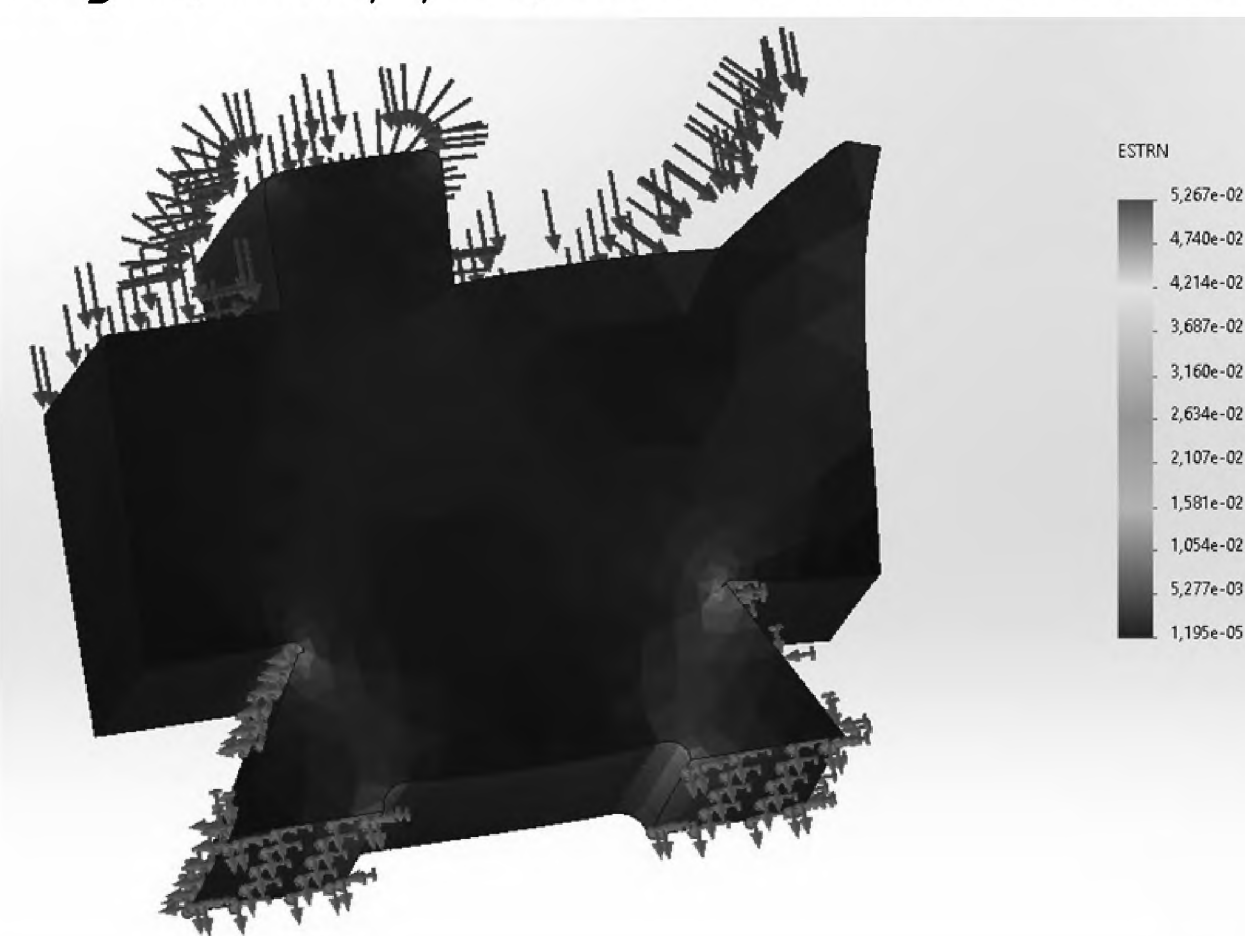
Операція токарна ЧПК
Верстат: LT3-200S

КНУ.КБР.131.26.1-13.ВІН					Верстатно-інструментальне налагодження		
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Коржовський				Н	25,5	1:2
Керівник	Рязанцев				Аркцш	Аркцш	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затв.	Рязанцев						

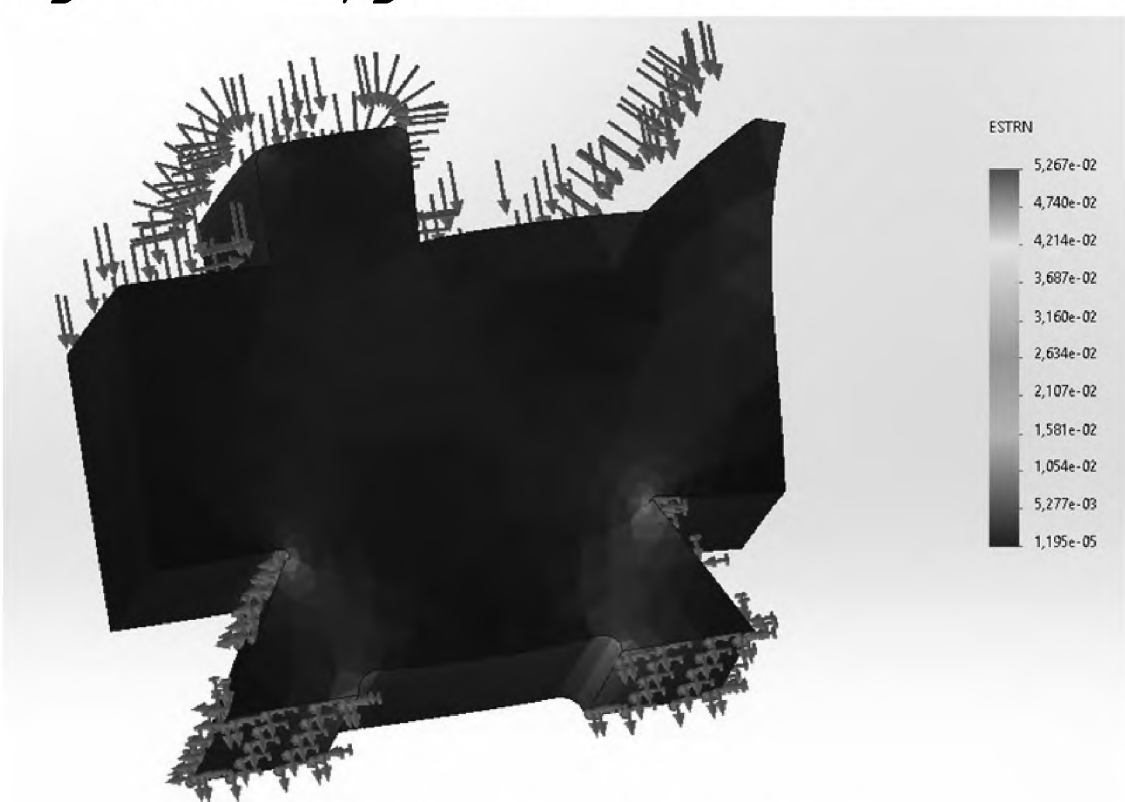
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



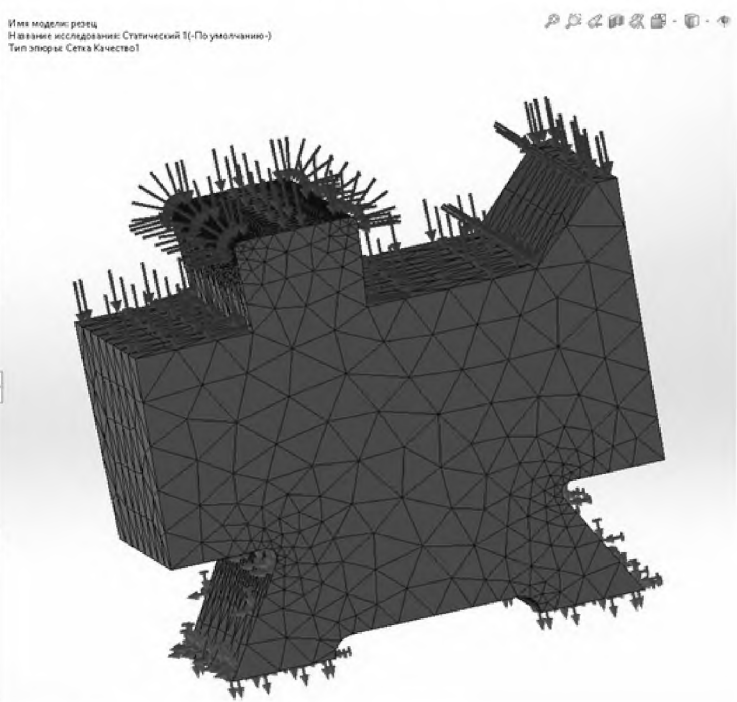
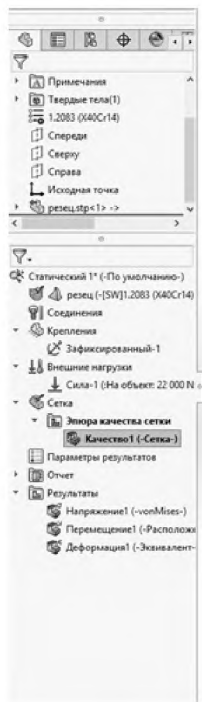
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



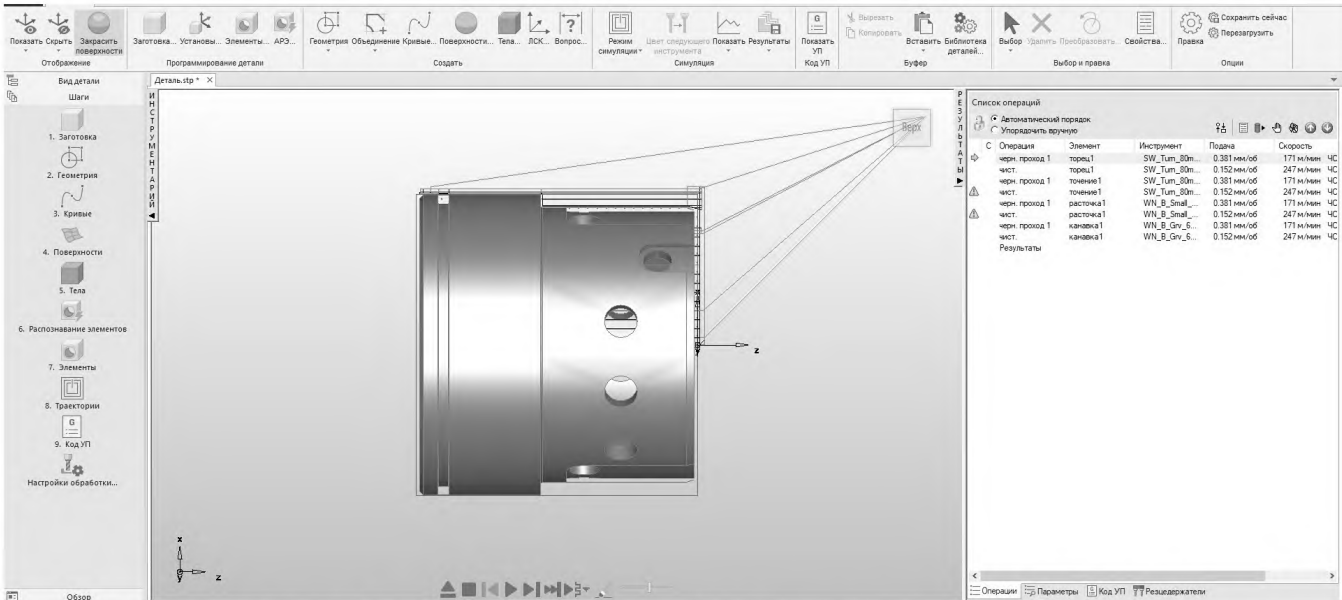
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



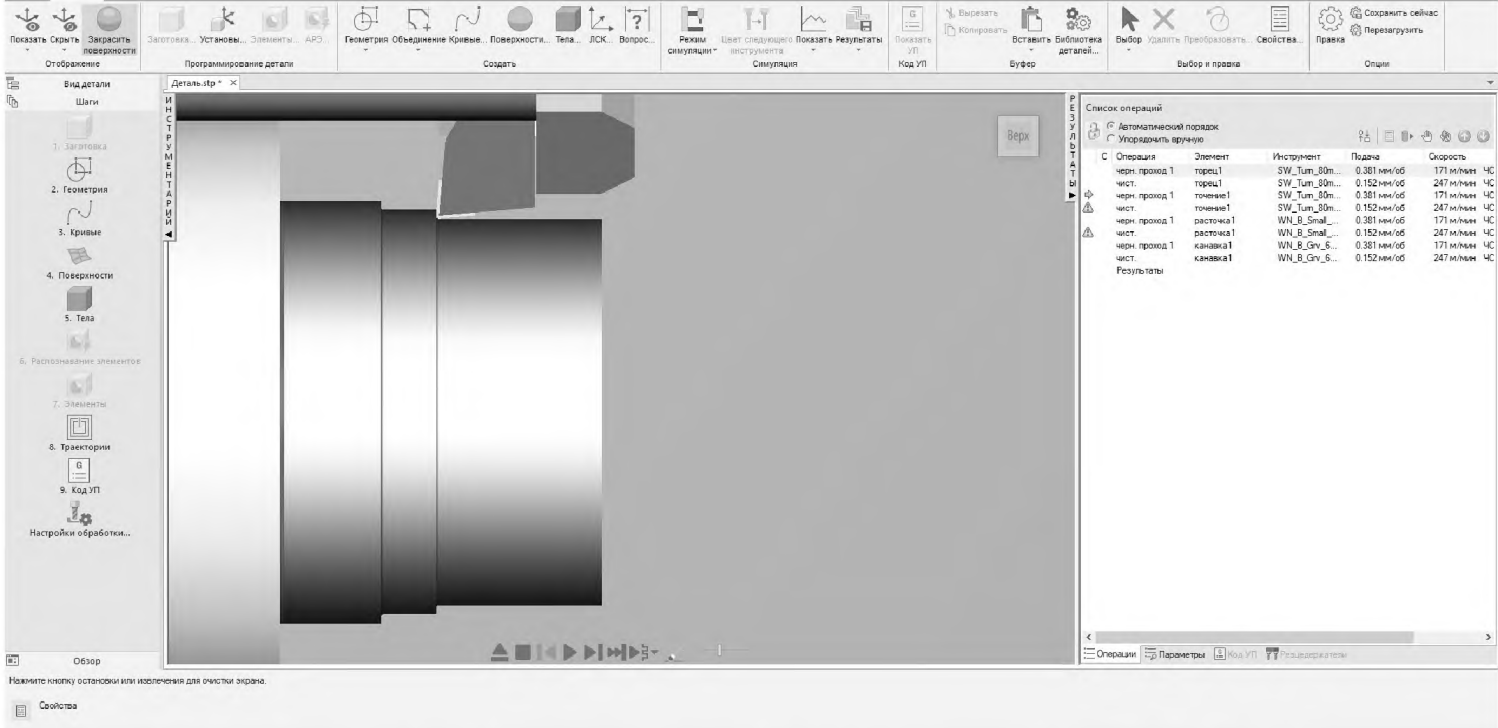
Сітка кінцевих елементів



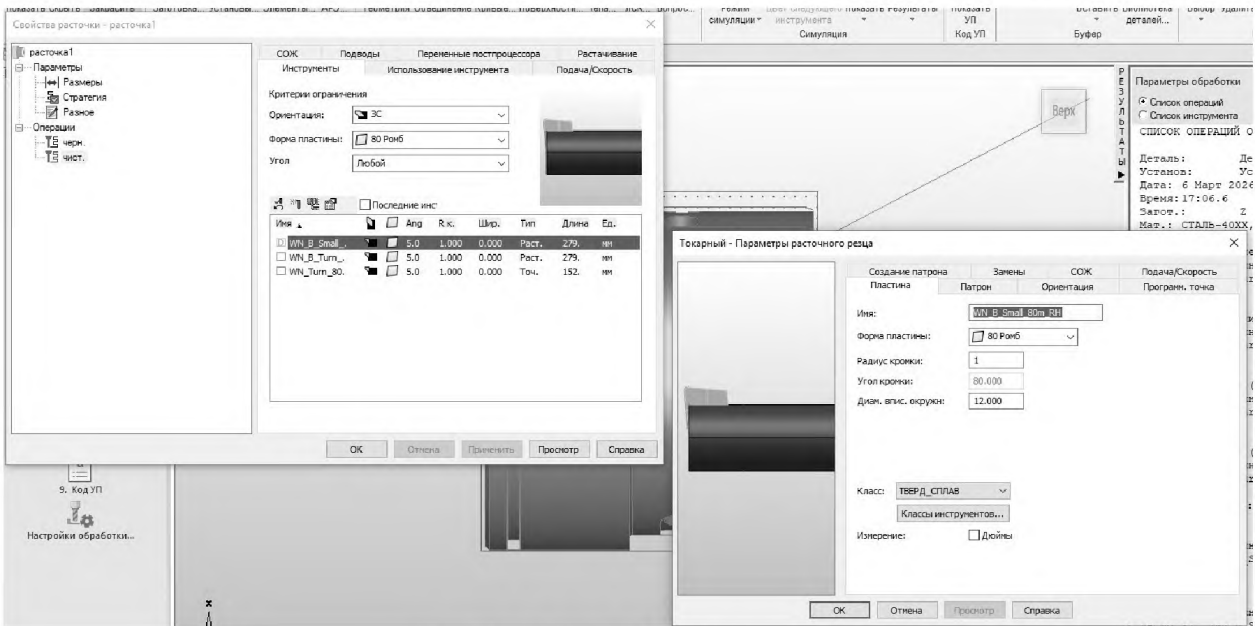
КНУ.КБР.131.26.1-13.ІАСРІ					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Коржавський				Н		
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затв.	Рязанцев						



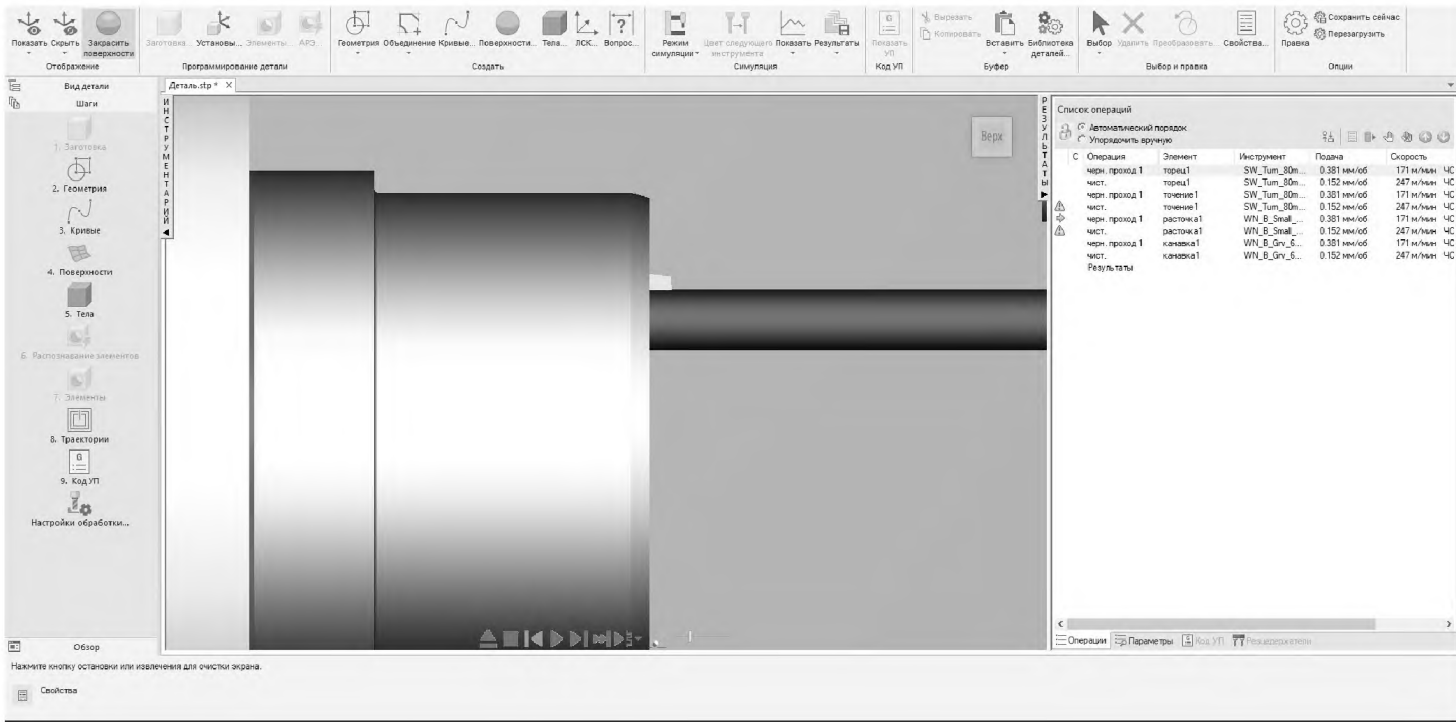
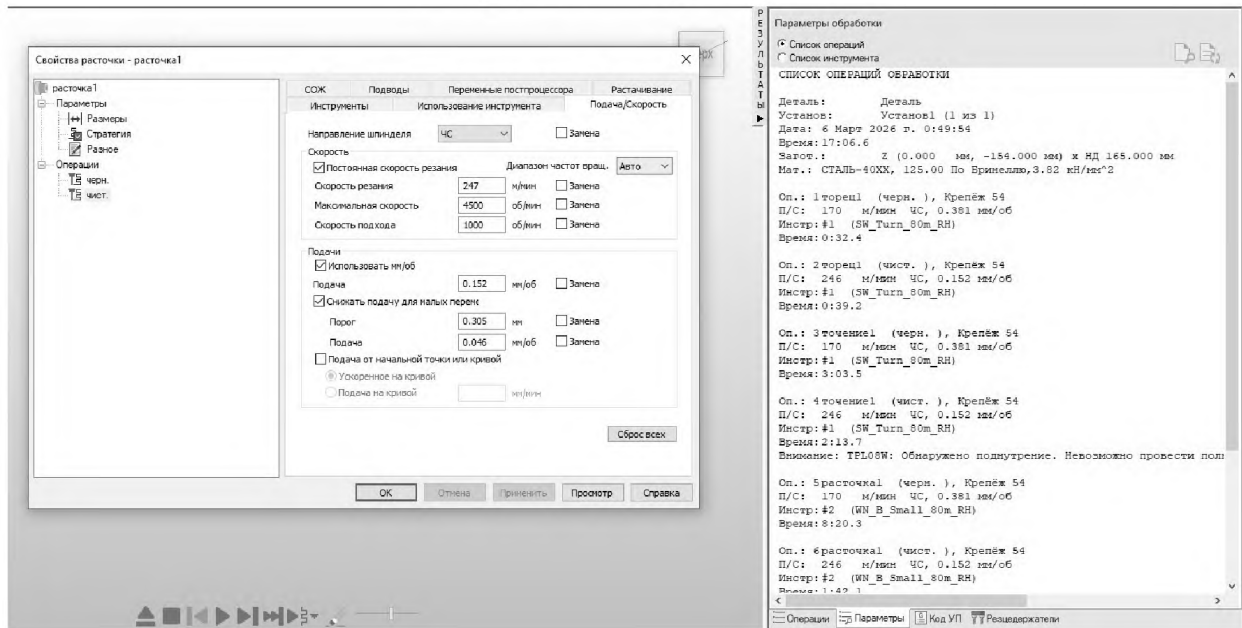
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



Вибір режимів різання



КНУ.КБР.131.26.1-13.МПМО				Моделювання процесу механічної обробки		
Зм. Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Коржавський			Н		
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв			Кафедра ТМ гр. ПМ-22		
Затв.	Рязанцев					