

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: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Кільце» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій

Виконав: здобувач групи ЗПМ-22ск
Лапаєв Я.С.

Керівник випускної роботи:
доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Кільце» та обґрунтування параметрів різального інструменту
з використанням САПР технологій

Виконав здобувач гр. ЗПМ-22ск	_____	Ян ЛАПАСВ
	(підпис)	
Керівник КБР	_____	Василь НЕЧАЄВ
	(підпис)	
Нормоконтроль	_____	Василь НЕЧАЄВ
	(підпис)	
Завідувач кафедри	_____	Антон РЯЗАНЦЕВ
	(підпис)	

м. Кривий Ріг
2025 р.

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 ЗПМ-22 Лапаєва Яна Сергійовича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Кільце» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «__» _____ 2025 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Вибір різучих 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. Кільце. 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	25.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	02.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2025
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	23.03.2025
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2025
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	12.04.2025
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	19.04.2025
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	26.04.2025
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	01.05.2025
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2025
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2025
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2025
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2025
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2025
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2025
18.	Висновки	01.06.2025
19.	Оформлення РПЗ	06.06.2025
20.	Попередній захист	15.06.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Лапасів Я.С./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 53 стор., 39 рисунок, 10 таблиць, 5 листів графічної частини.

Метою бакалаврської роботи є розробка конструкторсько-технологічної документації для виготовлення деталі «Кільце» із застосуванням сучасних САПР технологій та обґрунтування оптимальних параметрів різального інструменту для забезпечення ефективного технологічного процесу.

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення машинобудівної деталі типу тіла обертання – «Кільце».

Предметом дослідження є методи та засоби розробки технологічного процесу із застосуванням САПР, а також підбір і обґрунтування параметрів різального інструменту для механічної обробки. У сучасному машинобудівному виробництві підвищення ефективності виготовлення деталей є одним із ключових чинників забезпечення конкурентоспроможності продукції. Одним із пріоритетних напрямів удосконалення виробничих процесів є впровадження сучасних методів конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, що передбачає раціональне проєктування технологічних процесів та оптимізацію параметрів різального інструменту.

Дослідження присвячене розробці ефективного технологічного процесу виготовлення деталі типу тіла обертання – «Кільце» – із застосуванням систем автоматизованого проєктування (САПР), що дозволяє забезпечити високі показники точності, надійності та економічності виготовлення.

Швидкий розвиток цифрових технологій, зокрема систем САПР, відкриває нові можливості для оптимізації виробничих процесів. Використання САПР у процесі технологічної підготовки дозволяє скоротити терміни розробки, зменшити кількість помилок, підвищити якість технічної документації та забезпечити інтеграцію з системами управління виробництвом.

Особливу важливість тема набуває в умовах серійного або масового виробництва, де відточена технологія виготовлення деталей, таких як «Кільце», має суттєвий вплив на загальні виробничі витрати. Крім того, обґрунтування параметрів різального інструменту на основі розрахункових та емпіричних даних сприяє досягненню високої продуктивності та тривалого ресурсу інструменту. Таким чином, тема дослідження є актуальною та має значне практичне значення для промисловості.

КІЛЬЦЕ, МАТОЧИНА ЗАДНЬОГО КОЛЕСА, СІДЕЛЬНИЙ ТЯГАЧ КАМАЗ, РІЗЕЦЬ ФАСОННИЙ ПРИЗМАТИЧНИЙ, МЕТАЛОРІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, САПР ТЕХНОЛОГІЇ.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.Р			
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата				
Розроб.		Лапаєв			Реферат			
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркцифр	
					Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 53 pages, 39 figures, 10 tables, 5 sheets of the graphic part.

The aim of the bachelor's thesis is to develop design and technological documentation for the manufacture of the "Ring" component using modern CAD technologies and to justify the optimal parameters of the cutting tool to ensure an efficient technological process.

The object of the study is the process of design and technological preparation for the manufacture of a rotational body-type machine part – the "Ring".

The subject of the research involves the methods and tools for developing the technological process using CAD systems, as well as the selection and justification of cutting tool parameters for machining operations.

In modern mechanical engineering, increasing the efficiency of component manufacturing is one of the key factors in ensuring product competitiveness. One of the priority directions for improving production processes is the implementation of advanced methods for design and technological preparation, which involves the rational design of technological processes and the optimisation of cutting tool parameters.

This study is dedicated to the development of an efficient technological process for manufacturing a rotational body-type component – the "Ring" – using Computer-Aided Design (CAD) systems, enabling high levels of accuracy, reliability, and cost-effectiveness.

The rapid development of digital technologies, particularly CAD systems, opens up new opportunities for the optimisation of manufacturing processes. The use of CAD in technological preparation allows for reduced development time, fewer errors, improved quality of technical documentation, and integration with production management systems.

The topic becomes especially relevant in the context of serial or mass production, where a refined manufacturing technology for components such as the "Ring" significantly affects overall production costs. Furthermore, the justification of cutting tool parameters based on both calculated and empirical data contributes to achieving high productivity and extended tool life. Therefore, the topic of this research is highly relevant and has significant practical value for the industry.

RING, REAR WHEEL HUB, KAMAZ SEMI-TRAILER TRUCK, PROFILED PRISMATIC TOOL, METAL-CUTTING TOOL, CAD TECHNOLOGIES.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.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	13
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	15
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	15
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	17
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	20
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	26
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	27
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	29
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	32
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	32
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	35
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	39
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	39
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	40
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	44
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	44
6.2 Охорона праці та екологія виробництва. Забруднення повітря продуктами машинобудівного виробництва	49
Висновки	52
Список використаних джерел	53

					КНУ.КБР.131.25.4-02.3		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.	Лапаєв						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск		

ВСТУП

Метало різальний 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.131.25.4-02.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Лапаєв</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</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. ЗПМ-22ск</i>	

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідною інформацією для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра стали креслення деталі «Кільце» та вузла, до складу якого вона входить. Рисунок 1.1 містить 3D модель цієї деталі.



Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Кільце»

Під час роботи було поставлено технічне завдання на розробку технологічного процесу виготовлення кільця маточини переднього колеса сідельного тягача КАМАЗ 53504 та проведено аналіз і вибір відповідного ріжучого інструменту.

Завдання роботи:

- провести аналіз конструкції та технологічних особливостей деталі «Кільце»;
- здійснити вибір обладнання, пристосувань, інструменту та режимів різання;
- обґрунтувати параметри різального інструменту з урахуванням вимог до точності, якості поверхні та продуктивності;
- провести техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу.

					<i>КНУ.КБР.131.25.4-02.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Лапаєв</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Архив</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск</i>	

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі типу тіла обертання – «Кільце».

Предметом дослідження є методи та засоби розробки технологічного процесу із застосуванням САПР, а також підбір і обґрунтування параметрів різального інструменту для механічної обробки.

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, яка обрана для виконання роботи входить до складу маточини (рис. 1.4) заднього колеса сідельного тягача. Повнопривідний сідельний тягач КАМАЗ 53504 призначений для перевезень різних варіацій напівпричепів з висотою сідельного зчіпного пристрою 1450/1530 мм, з максимальним навантаженням на сідельно-зчіпний пристрій 12200 кг. Габаритні розміри показні на рис. 1.2.

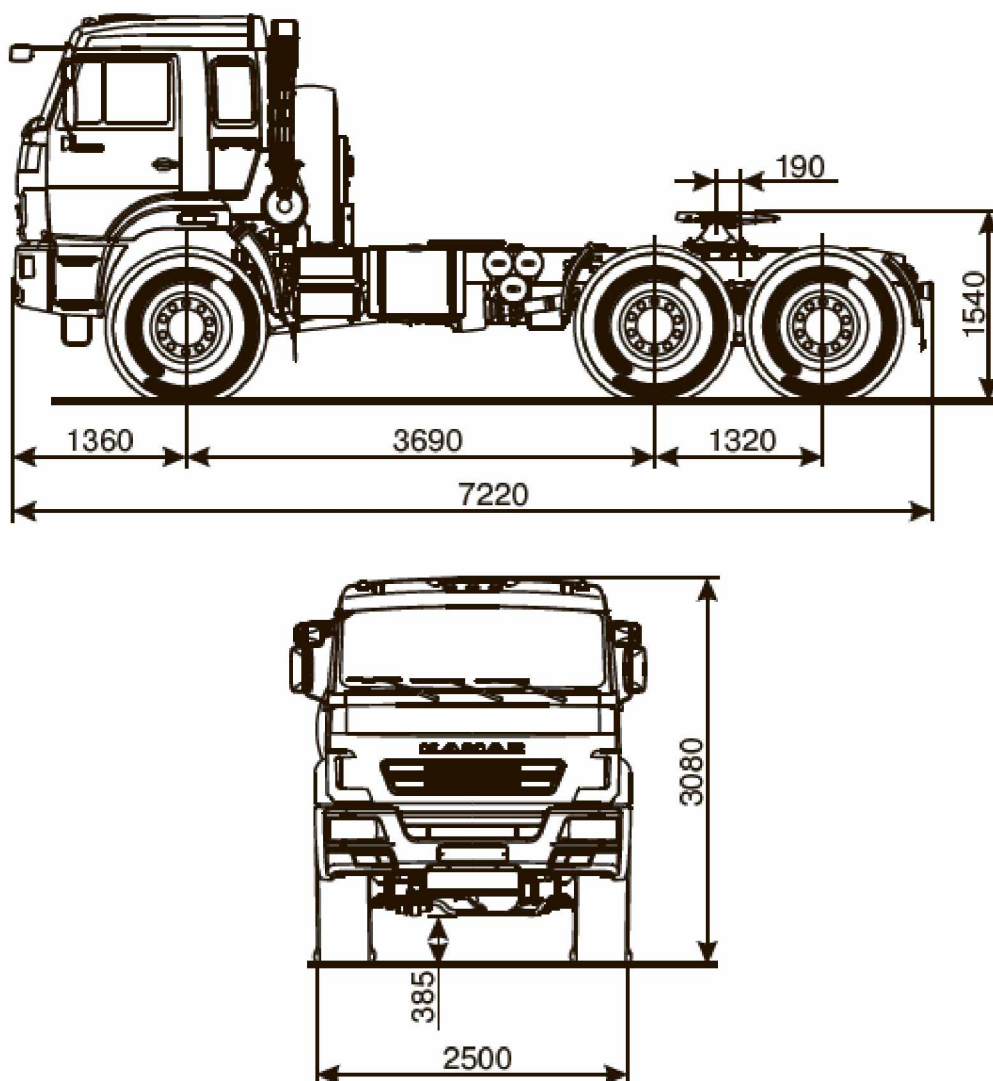


Рисунок 1.2 – Габаритні розміри сідельного тягача КАМАЗ 53504

					КНУ.КБР.131.25.4-02.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сідельний тягач КАМАЗ 53504-6013-50 (рис. 1.3) – це потужний та надійний автомобіль, який призначений для перевезення вантажів на далекі відстані. Він оснащений двигуном потужністю 300 к.с., що забезпечує йому високу продуктивність та економічність. Технічні характеристики наведено в таблиці 1.1.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд тягача КАМАЗ 53504

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики тягача КАМАЗ 53504

Характеристика параметру	Значення параметру
1	2
Вагові параметри та навантаження	
Навантаження на сідельно-зчіпний пристрій, кг	12100
- навантаження на задній візок, кг	15700
- навантаження на передній міст, кг	5700
Повна вага, кг	21400
Повна вага автопоїзда, кг	38000
Повна маса напівпричепа, кг	28900
Споряджена маса, кг	9025
- навантаження на задній візок, кг	3940
- навантаження на передній міст, кг	5085
Двигун	
Модель двигуна	КАМАЗ 740.705-300
Робочий об'єм, л	11,76
Діаметр циліндра та хід поршня, мм	120/130
Розташування та число циліндрів	V-подібне, 8
Макс. корисний крутний момент, Нм (кгсм)	1275 (128)
- при частоті обертання колінчастого валу, об/хв	1300

					КНУ.КБР.131.25.4-02.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.1

1		2
Максимальна корисна потужність, кВт (к.с.) - при частоті обертання колінчастого валу, об/хв		221 (300) 1900
Система паливоподачі		Common Rail
Ступінь стиснення		18,0
Тип двигуна	дизельний з турбонаддувом, з проміжним охолодженням повітря	
Коробка передач		
Модель КП		ZF 9S1310TO
Тип		механічна, 9-ти ступінчаста
Управління		механічне, дистанційне
Число передач КП		9
Передавальні числа на передачах		1-9,48; 2-6,58; 3-4,68; 4-3,48; 5-2,62; 6-1,89; 7-1,35; 8-1,00; 9-0,75; 3X-8,97

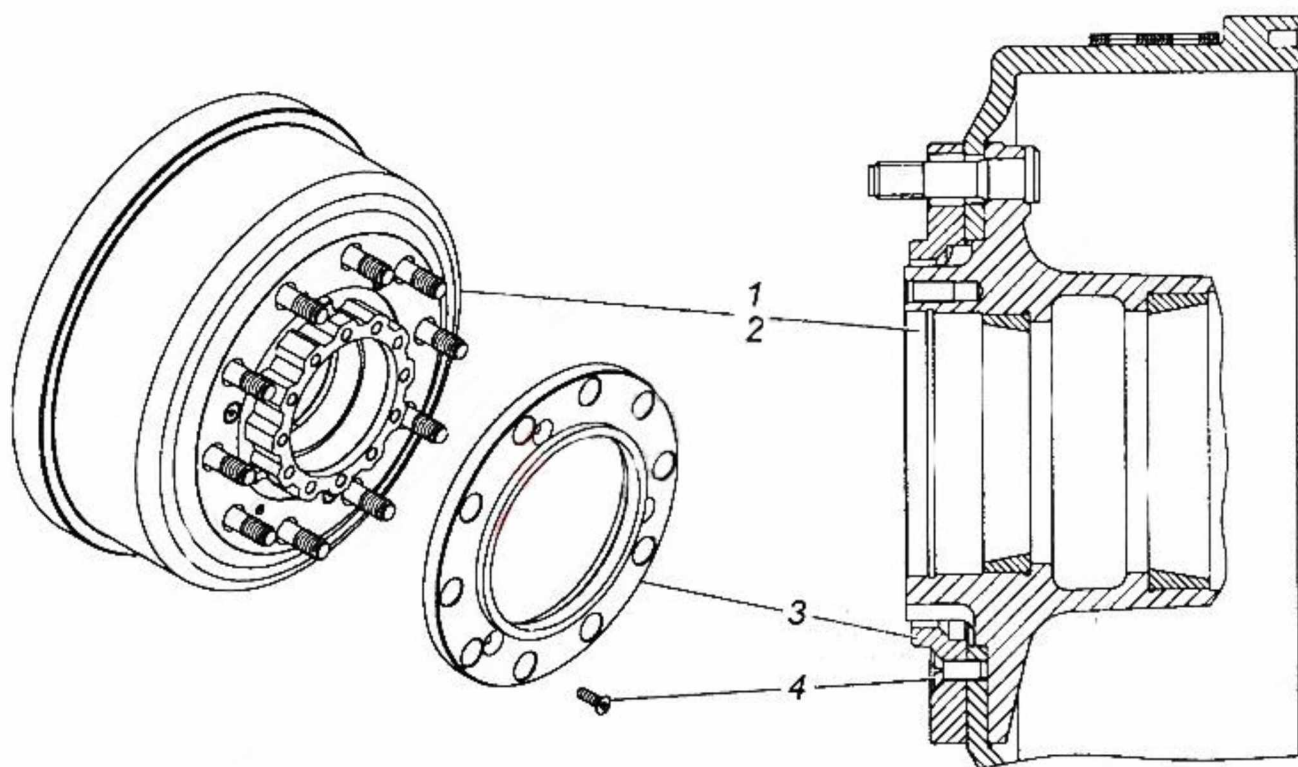


Рисунок 1.4– Маточина переднього колеса сідельного тягача КАМАЗ 53504

Маточина переднього колеса сідельного тягача КАМАЗ 53504, в склад якої і входить деталь «Кільце», виконує кілька важливих функцій:

- з'єднання колеса з передньою віссю – маточина забезпечує кріплення переднього колеса до поворотного кулака переднього моста;
- обертання колеса – маточина встановлена на підшипниках, що дозволяє передньому колесу вільно обертатися навколо осі;

					КНУ.КБР.131.25.4-02.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

- передача навантаження – через маточину навантаження від маси автомобіля та дорожніх умов передається на вісь і далі – на раму;
- забезпечення герметичності та захисту підшипників – конструкція маточини включає сальники та ущільнення, які запобігають попаданню бруду, вологи та пилу всередину, що подовжує термін служби підшипників;
- можливість технічного обслуговування – маточина конструктивно передбачає можливість змащування та регулювання підшипників, що важливо для безпечної та надійної експлуатації тягача.

1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання

Кільце має отвори з метричною різьбою М6 – 5Н6Н. Виконаємо розрахунок різьбового з'єднання.

Параметри різьби – М6 х 0,75– 5Н6Н;

М – метрична різьба;

6 – діаметр різьби номінальний, мм;

0,75 – крок різьби Р (дрібний), мм;

5Н – поле допуску для середнього діаметру;

6Н – поле допуску для зовнішнього діаметру.

1.3.1 Визначаємо номінальні значення діаметрів різьби

Зовнішній $D = 6$ мм

Середній $D_2 = D - 1 + 0.513 = 6 - 1 + 0.513 = 5,513$ мм

Внутрішній $D_1 = D - 1 + 0.188 = 5,188$ мм

1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

В залежності від кроку, номінального діаметру різьби та заданого поля допуску визначаємо граничні відхилення:

для $D_2=5,513$ з полем допуску 5Н

верхнє: +95 мкм, нижнє: 0

для $D_1=5,188$ мм з полем допуску 6Н

верхнє: +190 мкм, нижнє: 0

для D граничні відхилення не нормуються.

1.3.3 Визначаємо граничні розміри та величини допусків

$D_{2\max} = D_2 + ES_2 = 5,513 + 0,095 = 5,608$;

$D_{2\min} = D_2 + EI_2 = 5,513 + 0 = 5,513$;

$D_{1\max} = D + ES = 5,188 + 0,190 = 5,378$;

$D_{1\min} = D + EI = 5,188 + 0 = 5,188$.

$TD_2 = D_{2\max} - D_{2\min} = 5,608 - 5,513 = 0,095$;

$TD_2 = ES_2 - EI_2 = 95 - 0 = 95$ мкм;

$TD_1 = D_{1\max} - D_{1\min} = 5,378 - 5,188 = 0,190$;

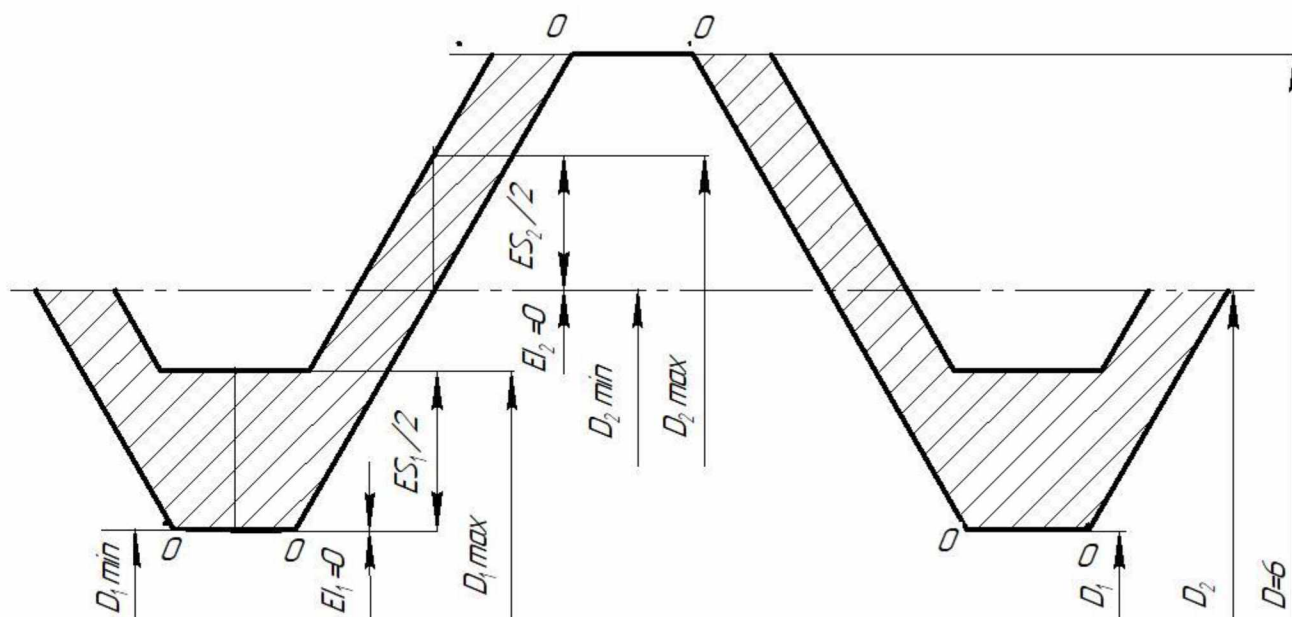
$TD_1 = ES_1 - EI_1 = 190 - 0 = 190$ мкм.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2 – Результати розрахунку параметрів різьби

Позначення різьби	Елементи різьби	Розміри (мм)			Допуск, мм
		номінальний	найбільший	найменший	
М6 х 0,75– 5Н6Н	D_1	5,188	5,378	5,188	0,190
	D_2	5,513	5,608	5,513	0,095
	D	не нормується			

Схема полів допусків різьбової поверхні шпинделя наведена на рисунку 1.5.



Рисунку 1.5 – Схема полів допусків різьбової поверхні шпинделя (типу гайка)

					КНУ.КБР.131.25.4-02.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Кільце проставочне – це деталь, яка призначена для орієнтації і герметичності в механізмі.

Деталь виготовляється зі сталі 38ХС. Дана сталь належить до категорії легованих конструкційних сталей і вирізняється поєднанням високої міцності, твердості та зносостійкості. Завдяки цим характеристикам вона широко використовується для виготовлення відповідальних та навантажених деталей у різних галузях важкої промисловості, зокрема в машинобудуванні та металообробці. Її збалансований хімічний склад (див. табл. 2.1, 2.2) забезпечує стабільні фізико-механічні властивості та хорошу технологічність.

Основні властивості сталі 38ХС: висока межа міцності й ударна в'язкість; відмінна термостійкість і опір зношуванню; хороша реакція на термічну обробку: нормалізацію, загартування, відпуск; стабільність розмірів і форми після термообробки.

Сталь 38ХС добре обробляється в м'якому стані та демонструє значне покращення механічних характеристик після термічної обробки. Використання процедур загартування та відпуску дозволяє оптимізувати її властивості відповідно до конкретних умов експлуатації.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 38ХС (ДСТУ 7806:2015)

Компоненти							
С	Мп	Ni	Si	Cr	Mn	S	P
0,34 - 0,42	0,3-0,6	до 0,3	1-1,4	1,3-1,6	0,3-0,6	до 0,03	до 0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 38ХС

Сталь 38ХС	Вид виробу	НВ, МПа	σ_B	$\sigma_{0,2}$	$\delta, \%$
	Поковка	255	68	54	15

Сталь 38ХС є високоефективним матеріалом для виготовлення відповідальних конструкційних елементів, що експлуатуються під інтенсивним механічним навантаженням. Її надійність, довговічність і технологічна гнучкість роблять її оптимальним вибором у багатьох інженерних застосуваннях.

					<i>КНУ.КБР.131.25.4-02.02.ТПВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>		
Розроб.	Лапаєв						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк.шіф
					<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск</i>		

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

З урахуванням вимог до точності та якості обробки поверхонь розроблено раціональну послідовність технологічних операцій, яка забезпечує досягнення необхідних параметрів відповідно до вимог робочого креслення. Пояснення вибору такої послідовності наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі.

№ пов.	Розмір, мм	Ra	IT	Послідовність технологічних методів обробки	Примітка
1	2	3	4	5	6
1	Ø195	1,25	D8	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	
2	Ø200	1,25	f7	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке	
3	Ø235	12,5	h14	Точіння чорнове	
4	Ø174	6,3	H8	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
5	Торець 21	6,3	h12	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
6	Торець 21	12,5	h14	Точіння чорнове	
7	4	2,5	h12	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке	
8	4	2,5	h12	Точіння чорнове Точіння чистове Точіння тонке	
9	Торець Ø195	2,5	D8	Розточування чорнове Розточування чистове Розточування тонке	
10	Ø9 10 отв.	12,5	H12	Свердління	
11	M6-5H 10 отв.	12,5	H12	Свердління Нарізання різьби	
12	M6-7H 2 отв.	12,5	H12	Свердління Нарізання різьби	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталь «Кільце» зображена на форматі A2, в масштабі 1:1 та представлена головним видом та перерізом А-А. Проставлені всі потрібні розміри з граничними відхиленнями, шорсткість та позначені відхилення від форми та розташування поверхонь деталі. Технічні умови містять необхідну інформацію

					КНУ.КБР.131.25.4-02.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

про невказані граничні відхилення. Невказана шорсткість проставлена та становить Ra12,5.

Конструкція деталі дозволяє використовувати високопродуктивні режими обробки, завдяки наявності зручних базових поверхонь для виконання початкових технологічних операцій. Вона вирізняється простою геометрією та раціональною формою.

Зовнішні поверхні можуть слугувати як установчими, так і опорними базами під час механічної обробки, а також використовуватись як базові елементи при складанні виробу.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Процес виготовлення заданої деталі полягає в наступних операціях:

Оп. 005 – токарна чорнова

Оп. 010 – токарна чистова

Оп. 015 – багатоцільова

Деталь виготовляється на токарному верстаті з ЧПК Gildemeister NEF400 (рис. 2.1) та вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК Spinner VC 860 (рис. 2.2). Умови різання та точність верстатів задовольняють вимогам точності, шорсткості поверхонь деталі.

За даними таблиці 2.3 вибираємо верстати металорізучі, на яких будуть обробляться поверхні деталі. Дані занесемо до таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Типи і моделі верстатів

№ пов.	Найменування операції	Тип, модель верстата
1-9	Токарна ЧПК	Універсальний токарний верстат з ЧПК Gildemeister NEF400
10,11,12	Свердлильна ЧПК	Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Spinner VC 860



Рисунок 2.1 – Токарний верстат з ЧПК Gildemeister NEF400

					КНУ.КБР.131.25.4-02.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Технічна характеристика токарного верстата з ЧПК Gildemeister NEF400

Робоча зона

Макс. діаметр точіння – 350, мм

Макс. довжина заготовки при обробці в центрах – 650, мм

Швидкий хід (X) – 255, мм

Поздовжнє переміщення (Z) – 800, мм

Макс. діаметр затискного патрона – 250, мм

Головний шпиндель

Шпиндельна головка – Size 170 h5

Свердління шпинделя – 87, мм

Найбільший діаметр обробляючого прутка (для механізованих патронів) – 65, мм

Діаметр в передній опорі – 130, мм

Діаметр патронних заготовок – 200/250, мм

Потужність приводу (40/100% циклу навантаження) – 11,5/8, мм

Максимальний момент (40/100% циклу навантаження) з Siemens / Heidenhain – 340/240 | 240/200, Нм

Макс. частота обертання шпинделя – 4500, об / хв

Потужність (тривалість включення 100%) – 8, кВт (АС)

Привод подачі

Швидкий хід (X/Z) – 30/30, м/хв

Потужність подачі X (40/100% циклу навантаження) – 6/4,5, кН

Момент X (40/100% циклу навантаження) – 10,5/7,2, Нм

Потужність подачі Z (40/100% циклу навантаження) – 14,5/10, Нм

Тримачі інструментів

Кількість інструментальних станцій – 12

Location diameter (according to DIN 69880) – 30 (VDI 30)

Driven tool stations – 6

Привод (в відношенні з DIN 5480) – W16x0.8x30x18

Потужність приводу, максимальна (40% циклу навантаження) – 5,5, кВт

Момент максимальний (40% циклу навантаження) – 17,5, Нм

Швидкість, максимальна – 4500, об/хв

Задня бабка

Хід задньої бабки (автоматично прохідна) – 680, мм

Центральний кернер – 4, МК

Потужність задньої бабки максимальна – 680, Н

Верстат без транспортера стружки – 3500, кг

Свердлильні операції виконуємо на вертикально-фрезерному верстаті з ЧПК Spinner VC 860.

Технічна характеристика свердлильно-фрезерного верстату з ЧПК Spinner VC 860

Система управління – Siemens 810 D

Переміщення по осях X / Y / Z – 860 x 660 x 500 мм

Розмір столу – 1020 x 610 мм

Макс. навантаження на стіл – 500 кг

					КНУ.КБР.131.25.4-02.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Автоматично змінних інструментів – 32 шт
 Конус шпинделя – SK 40
 Обороти шпинделя – 10000 об / хв
 Потужність шпинделя – 22 кВт
 Габарити верстата ДхШхВ – 3010 x 2855 мм
 Вага верстата – 7500 кг



Рисунок 2.2 – Вертикально-фрезерний верстат з ЧПК Spinner VC 860

					КНУ.КБР.131.25.4-02.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням кількості та характеру раніше визначених технологічних способів обробки поверхонь, здійснюється вибір сучасних типів інструментів, що пропонуються як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Для кожної поверхні деталі визначається оптимальний тип інструменту з відповідним обґрунтуванням та наводиться його ескіз. Узагальнені результати наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі.

№ пов.	Найменування операції	Тип інструменту	Примітка
1	Токарна ЧПК	Різець розточувальний	
2	Токарна ЧПК	Різець прохідний для зовнішній обробки	
3	Токарна ЧПК	Різець прохідний для зовнішній обробки	
4	Токарна ЧПК	Різець розточувальний	
5,6,7,8	Токарна ЧПК	Різець прохідний для зовнішній обробки	
9	Токарна ЧПК	Різець розточувальний	
10	Свердлильна ЧПК	свердло	
11	Свердлильна ЧПК	Свердло мітчик	
12	Свердлильна ЧПК	Свердло мітчик	

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Вибір інструментів виконуємо за каталогом шведської фірми SECO [6].

Обираємо групу матеріалів в залежності від марки матеріалу деталі – 1 група.

Обрана державка має призматичну форму (рис. 3.1): $b \times h = 20 \times 20$ мм

$D_{5m} = 40$; $l_1 = 50$; $f_1 = 27$; $D_{m1} = 75$; $D_{m2} = 165$; $\gamma_0 = -6^\circ$; $\lambda_s = -6^\circ$;

C4 - розмір 40 мм.

D – Зажим пластини – з центральним отвором;

C – форма пластини – ромбічна;

L – тип інструменту – ромбічна пластина 95° ;

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Архівів	
Розроб.		Лапаєв							
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск			

N – задній боковий кут пластини - 0° ;

R/L – версія правий/лівий;

20 – розмір $f_1=25$ мм;

050 – розмір $l_1=50$ мм;

12 – довжина ріжучої кромки.

Пластини:

Для чорнової обробки – стружколом R4 покриття TP0501

Для напівчистої обробки – стружколом M1 покриття TP0501

Для чистової обробки – стружколом MF4 покриття TP0501

Для тонкого точіння - стружколом MF4 покриття TP0501

За обраним видом сплаву та стружколома обираємо пластини:

Для напівчистої обробки – CNMG120404-R4

Для чорнової обробки – CNMG120404-M1

Для чистової обробки – CNMG120404-MF2

Для тонкого точіння – CNMG120404-MF4

Конструктивні параметри пластин 1204: допуски: $S=\pm 0,13$; $r_e=\pm 0,1$;
 $d=12,70\pm 0,08$; $l=12,9$; $S=4,76$; $h=5,15$; $r_e=0,4-1,6$

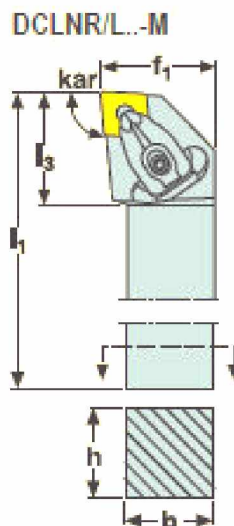


Рисунок 3.1 – Державка для пластин

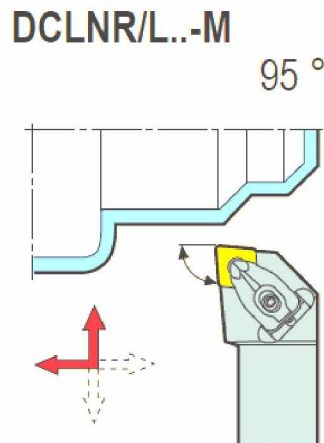


Рисунок 3.2 – Різець для зовнішньої обробки з ромбічною пластиною

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

TP0501



Рисунок 3.3 – Сплав пластин TP0501

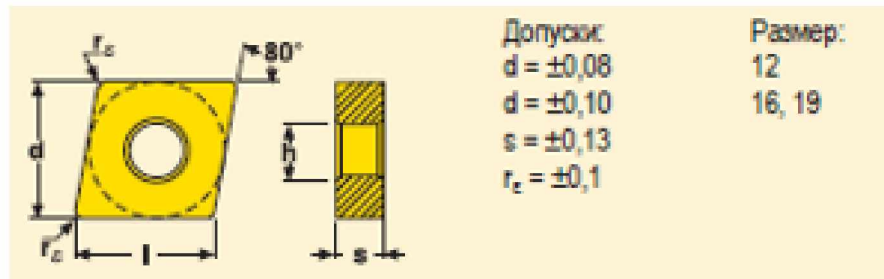


Рисунок 3.3 – Загальний вид пластин групи CNMG

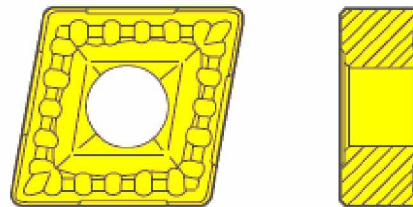


Рисунок 3.4 – Ромбічна пластина для чорнової обробки CNMG120404-R4

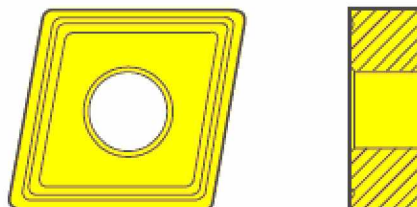


Рисунок 3.5 – Ромбічна пластина для напівчистової обробки CNMG120404-M1

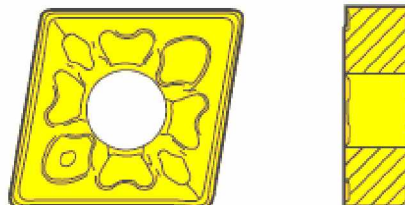


Рисунок 3.6 – Ромбічна пластина для чистової обробки CNMG120404-MF5 і тонкого точіння CNMG12404-MF4

Для поверхонь 1,4,9 – Обираємо розточувальний різець.
Різець розточувальний . Шифр різця – A20S – PVLNR – 13.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

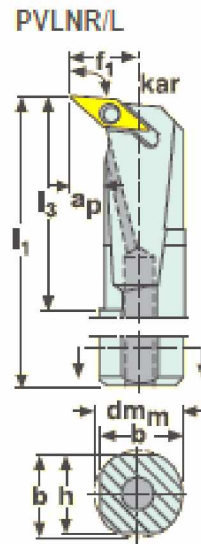
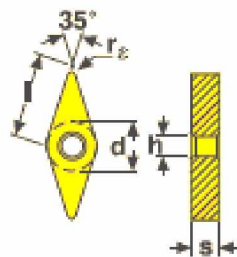


Рисунок 3.7 – Державка до розточувального різця

Габаритні розміри держака різця:

$$dm_m = 20 \text{ мм}; h = 18 \text{ мм}; b = 18 \text{ мм}; l_1 = 250 \text{ мм}; f_1 = 23 \text{ мм}; l_3 = 57 \text{ мм}; a_p = 9,5 \text{ мм}; D_m = 40 \text{ мм}$$

Пластина різця розточувального.



Допуски:

$$d = \pm 0,05$$

$$d = \pm 0,08$$

$$s = \pm 0,13$$

$$r_\epsilon = \pm 0,1$$

Размер:

13, 16

22

Рисунок 3.8 – Пластина на розточний різець

Габаритні розміри пластини: $d = 12,7 \text{ мм}; l = 22 \text{ мм}; s = 4,76 \text{ мм}; h = 5,15 \text{ мм}; r_\epsilon = 1 \text{ мм}$

Вибір стружколомів:

Для чорнового та напівчистового розточування:

-MR4

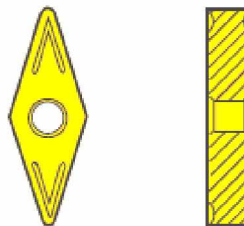


Рисунок 3.9 – VNMG2204 – MR4

Для чистового розточування:

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

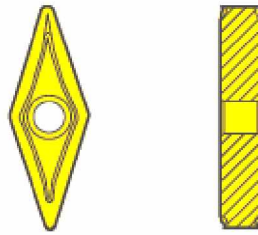
-MF2

Рисунок 3.10 – VNMG2204 – MF2

Для токого точіння:

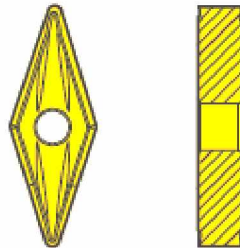
-FF2

Рисунок 3.11 – VNMG2204 – FF2

Для поверхонь 10,11,12 вибираємо осьові інструменти.

Вибираємо свердла.

Обираємо свердло: Ø9 – для свердління наскрізного отвору.

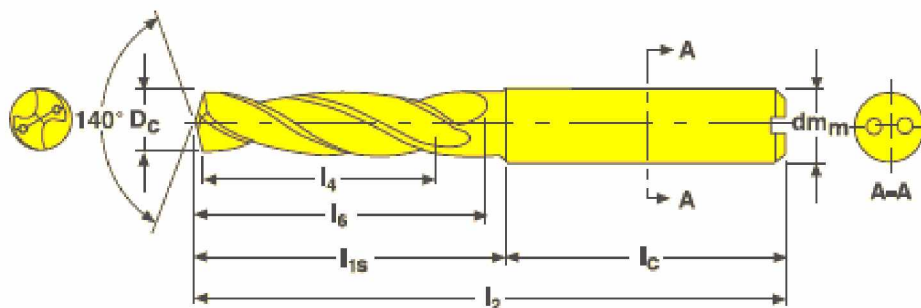


Рисунок 3.12– Свердло діаметром 9 мм

Шифр свердла SD1103A – 0900 – 055 – 10R1. Матеріал - Сплав DP3000.

Габаритні розміри свердла:

$$l_2 = 118 \text{ мм}; l_c = 50 \text{ мм}; l_{1s} = 81 \text{ мм}; l_6 = 79 \text{ мм}; D_c = 9 \text{ мм}; dm_m = 10 \text{ мм}$$

Обираємо свердло: Ø4,2 – для свердління наскрізного отвору під різьбу М6.

Шифр свердла SD1103-0420-017-06R1.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

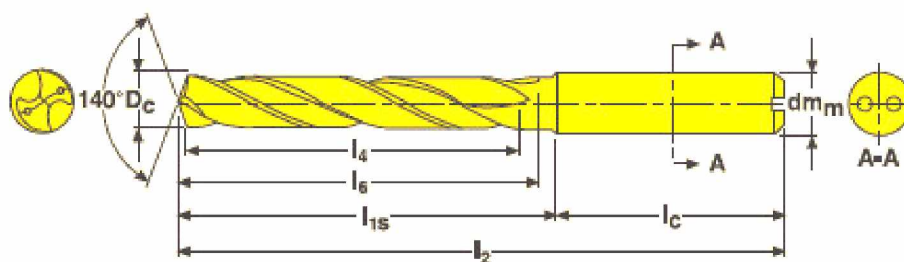


Рисунок 3.13 – Свердло для отворів під різьбу

Матеріал – твердий сплав DP3000.

Габаритні розміри свердла:

$l_2 = 118 \text{ мм}; l_c = 50 \text{ мм}; l_{1s} = 81 \text{ мм}; l_6 = 79 \text{ мм}; D_c = 4.2 \text{ мм}; dm_m = 6 \text{ мм}$

Мітчик для нарізання метричної різьби : М6мм

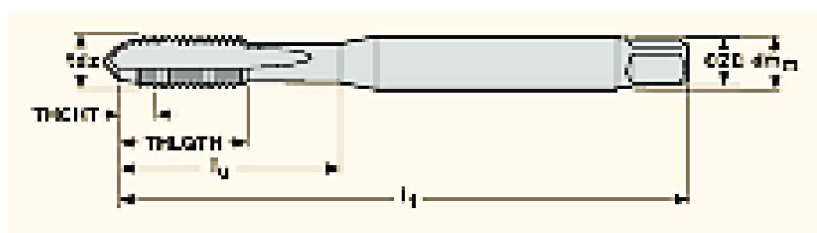


Рисунок 3.14 – мітчик - М6мм

Шифр мітчика: MTS-M6X1.001S06HX-XC-S005

Покриття: TiCN

Матеріал: HSS-E-PM

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів за каталогом фірми SECO

№ пов.	Тип інструмента	Матеріал різальної частини інструмента	Матеріал державки інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
2,3,5, 6,7,8	Різець прохідний з механічним кріпленням з пластинами	Сплав пластин TP0501	C45	$\varphi=95^\circ$ $\gamma_0=-6^\circ$ $\gamma_s=-6^\circ$
1,4,9	Різець розточувальний з механічним кріпленням з пластинами ромбічної форми з твердого сплаву	Сплав пластин TP0501	C45	$\varphi=95^\circ$ $\gamma_0=-6^\circ$ $\gamma_s=-6^\circ$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
10	Свердло із циліндричними хвостовиком	Сплав DP3000	Сплав DP3000.	$\varphi=140^\circ$
11, 12	Свердло із циліндричними хвостовиком	Сплав DP3000	Сплав DP3000.	$\varphi=140^\circ$
	Мітчик для метричної різьби	Покриття: TiCN Матеріал: HSS-E-PM	Матеріал: HSS-E- PM	$\varphi=5^\circ$

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів різальної частини, і габаритів, визначених за умовою міцності, призначаються типорозміри стандартних металорізальних інструментів. Дані занесемо в таблицю 3.3

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру інструментів за міжнародними стандартами

№ пов.	Найменування інструмента	Основні розміри інструмента	Матеріал різальної частини	Шифр інструмента
1	2	3	4	5
2,3, 5,6, 7,8	Різець прохідний з механічним кріпленням з пластинами ромбічної форми з твердого сплаву	$b \times h = 20 \times 20$ мм $D_{5m} = 40$; $l_1 = 50$; $f_1 = 27$; $D_{m1} = 75$; $D_{m2} = 165$; $\gamma_0 = -6^\circ$; $\lambda_s = -6^\circ$;	Для чорнової обробки – TP0501 Стружколом – MR4 Для напівчистої обробки – TP0501 Стружколом – MR4 Для чистої обробки – TP0501 Стружколом – MF2 Для тонкого точіння – TP0501 Стружколом – FF2	Державка: DCLNR-27050- 12JETL Пластина для чорнової обробки: CNMG120404-R4 Пластина для напівчистої обробки: CNMG120404-M1 Пластина для чистої обробки: CNMG120404- MF4 Пластина для тонкого точіння: CNMG120404- MF4

Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
------	------	--------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
1,4,9	Різець розточувальний з механічним кріпленням з пластинами ромбічної форми з твердого сплаву	$dm_m = 20\text{мм};$ $h = 18\text{мм};$ $b = 18\text{мм};$ $l_1 = 250\text{мм};$ $f_1 = 23\text{мм};$ $l_3 = 57\text{мм};$ $a_p = 9,5\text{мм};$ $D_m = 40\text{мм}$	Чорнове та напівчистове точіння VNMG2204–MR4 Чистове точіння VNMG2204–MF2 Тонке точіння VNMG2204–FF2	Державка: A20S–PVLNR–13 Шифр пластинки: VNMG2204
10	Свердло спіральне суцільне твердосплавне	$l_2 = 118\text{мм}$ $l_{1s} = 73\text{мм}$ $l_c = 45\text{мм}$ $l_6 = 71\text{мм}$ $dm_m = 9\text{мм}$ $d_m = 10\text{мм}$	DP3000	SD1103 – 0900 – 055 – 10R1
11,12	Свердло спіральне суцільне твердосплавне	$l_2 = 118\text{мм}$ $l_{1s} = 73\text{мм}$ $l_c = 45\text{мм}$ $l_6 = 71\text{мм}$ $dm_m = 4,2\text{мм}$ $d_m = 6\text{мм}$	DP3000	SD1103 – 4200 – 055 – 6R1
	Мітчик	$l_2 = 100\text{мм}$ $l_{1s} = 45\text{мм}$ $l_c = 35\text{мм}$ $l_6 = 71\text{мм}$ $dm_m = 6\text{мм}$ $d_m = 6\text{мм}$	Покриття: TiCN Матеріал: HSS-E- PM	MTS- M6X1.001S06HX- XC-S005

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструментів аналізуються найбільш складні умови експлуатації, зокрема чорнова обробка. На основі параметрів процесу різання – фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу, характеристик верстата та встановлених режимів різання — виконуються розрахунки сил різання. Доцільним є впровадження автоматизованої системи розрахунку режимів різання. Обраний інструмент проходить перевірку на міцність у найгірших умовах обробки.

Діаметр обробки: $d = 195\text{ мм};$

глибина різання: $t = 1\text{ мм};$

по довідним даним вибирається подача: $S = 1.08\text{ мм/об.}$

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Швидкість різання визначається по формулі:

$$V = C_v \times K_v \times \frac{m \times y}{T \times t \times s}, \quad (3.1)$$

де $C_v = 485$ - постійний коефіцієнт, /1/;

$x = 0.12$ - показник степені при глибині різання, /1/;

$y = 0.25$ - показник степені при подачі, /1/;

$m = 0.28$ - показник степені при стійкості інструмента, /1/;

$T = 90$ хв. - період стійкості різця з твердого сплаву, /1/;

K_v – Виправний коефіцієнт, враховуючий умову різання, визначається по формулі:

$$K_v = K_{mv} \times K_{nv} \times K_{uv} \times K_{TV} \times K_{uv} \times K_{rv} \quad (3.2)$$

де $K_{mv} = 1.2$ - коефіцієнт, враховуючий вплив матеріалу деталі, /1/;

$K_{nv} = 1$ - коефіцієнт, враховуючий стан поверхності, /1/;

$K_{uv} = 2$ - коефіцієнт, враховуючий матеріал інструмента, /1/;

$K_{TV} = 1$ - коефіцієнт, враховуючий стійкість інструмента, /1/;

$K_{uv} = 0.7$ - коефіцієнт, враховуючий кут в плані різця, /1/;

$K_{rv} = 1$ - коефіцієнт, враховуючий радіус при вершині різця, /1/;

$$K_v = 1.2 \times 1 \times 2 \times 1 \times 0.7 \times 1 = 1.68.$$

По формулі (3.1) вираховується швидкість різання:

$$V = \frac{485 \times 1.68}{0.28 \times 0.12 \times 0.25} = 226.7 \text{ м/хв}$$

Число оборотів розраховується по формулі:

$$n = \frac{1000 \times V}{n \times D} \quad (3.3)$$

де $D = 195$ - діаметр оброблюючої поверхні, мм;

$$n = \frac{1000 \times 226.7}{3.14 \times 52} = 1387.8 \text{ об/хв}$$

Приймається число оборотів шпинделя $n = 1200$ об/хв.

Фактична швидкість різання визначається по формулі:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \times d \times n}{1000} \quad (3.4)$$

$$V_{\phi} = 3.14 \times 195 \times 1200 / 1000 = 735 \text{ м/хв}$$

Сила різання P_z розраховується по формулі:

$$P_z = 10 \times C_p \times \frac{x}{y} \times \frac{y}{n} \times V_{\phi} \times K_p \quad (3.5)$$

де $C_p = 55$ - постійний коефіцієнт, /1/;

$x = 1$ - показник степені при глибині різання, /1/;

$y = 0.66$ - показник степені при подачі, /1/;

$n = 0$ - показник степені при швидкості різання, /1/;

K_p - виправний коефіцієнт, враховуючий умови різання, визначається по формулі:

$$K_p = K_{mp} \times K_{up} \times K_{yp} \times K_{rp} \quad (3.6)$$

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

де $K_{mp} = 1$ - коефіцієнт, враховуючий вплив матеріалу деталі на силові залежності, /1/;

K_{up} , K_{ur} , K_{lr} , K_{rp} - коефіцієнт, враховуючий вплив параметрів ріжучої частини інструмента на силу різання, $K_{up} = 1$; $K_{ur} = 1$; $K_{lr} = 1$; $K_{rp} = 1$, /1/;

$$K_p = 1 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 = 1.$$

По формулі (3.5) визначається сила різання:

$$P_z = 10 \times 55 \times 1 \times 1.08 \times 735 \times 1 = 800 \text{ Н}$$

Потужність різання визначається по формулі:

$$N = P_z \times V_{\phi}, \quad (3.7)$$

$$1020 \times 60$$

$$N = 800 \times 735 = 9,6 \text{ кВт}$$

$$1020 \times 60$$

Основное время перехода рассчитывается по формуле:

$$T_o = L + L, \quad (3.8)$$

$$n \times s \quad n \times s_y$$

де $s = 1.08$ мм/об - робоча подача інструмента;

$s_y = 3$ - прискорена подача відвода інструмента;

$n = 1200$ об/хв - частота обертання шпинделя;

L - довжина шляху обробки, мм, визначається по формулі:

$$L = l + l_1 + l_2, \quad (3.9)$$

де $l = 34$ мм – довжина шляху різання;

$l_1 = 3$ мм - врізання;

$l_2 = 3$ мм - перебіг.

Тоді

$$L = 34 + 3 + 3 = 40 \text{ мм.}$$

По формулі (3.8) вираховується основний технологічний час:

$$T_o = 40 + 40 = 0.04 \text{ хв}$$

$$1200 \times 1,08 \quad 1200 \times 3$$

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

З огляду на геометричні та технічні характеристики посадкових поверхонь верстата для встановлення різального інструменту, а також параметри відповідних посадкових елементів самих інструментів, до кожного з обраних різальних інструментів визначаємо типи допоміжного оснащення відповідно до вимог міжнародних стандартів. Узагальнену інформацію наведено в таблиці 3.4.

Різцетримачі обираємо з каталогу – EROGLU 2015 [7].

Розділ – Різцетримачі для верстатів з ЧПК по DIN 69880.

Розміри: $d_1 = 30$ мм; $h_1 = 20$ мм; $L_2 = 40$ мм; $L_1 = 22$ мм; $b_1 = 70$ мм; $b_2 = 35$ мм; $b_3 = 10$ мм; $h_5 = 28$ мм; $h_6 = 38$ мм.

Шифр державки: B1-30x20.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

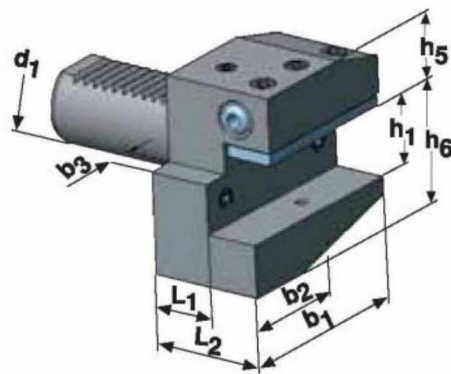


Рисунок 3.15 – Різцетримач радіальний форми В2, короткий

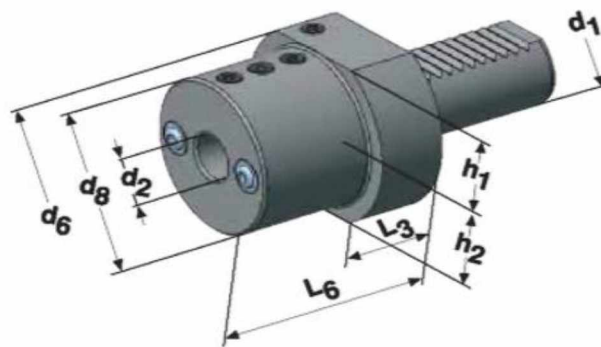
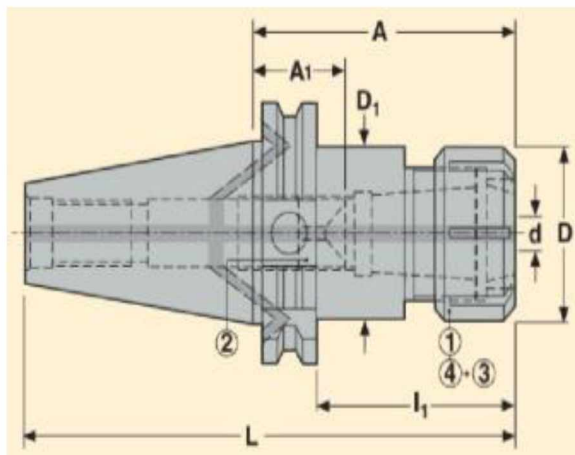


Рисунок 3.16 – Державка для розточувальних різців, E2

Розміри – $d_1 = 30$ мм; $d_2 = 20$ мм; $L_3 = 22$ мм; $L_6 = 60$ мм; $d_6 = 68$ мм; $d_8 = 55$ мм; $h_1 = 28$ мм; $h_2 = 30$ мм. Шифр держака: E2-30x20.



Конус	Диапазон d мм	Обозначения	Размеры цанги и патрона	Размеры в мм					*	Балансир.	KG
				A	D	D ₁	L	I ₁	A ₁ мин.-макс.		
DIN40 ADB	0,5-10	E346956751670	ER 16	70	32	32	136,4	51	22-38	1	0,99
	0,5-10	E3469567516120	ER 16	120	32	32	186,4	101	72-88	1	1,29
	1-16	E346956752570	ER 25	70	42	42	136,4	51	11-32	1	1,1
	1-16	E3469567525120	ER 25	120	42	42	186,4	101	51-82	1	1,61
	2-20	E346956753270	ER 32	70	50	50	136,4	51	12-30	1	1,17
	2-20	E3469567532120	ER 32	120	50	50	186,4	101	52-80	1	1,86
	3-26	E446956754070	ER 40*	70	63	50	136,4	51	0-25	*	1,2

Рисунок 3.17 – Цанговий патрон VDI 30

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата			

Для осьових інструментів вибираємо допоміжний інструмент цанговий патрон. Шифр патрона: E446956754070.

Вибрані допоміжні інструменти заносимо до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Метало-різальний верстат (тип, модель)	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип ріжучого інструменту	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5	6
10, 11,1 2	Свердлильно-фрезерний верстат з ЧПК Vc860	SK 40	Свердло Свердло Мітчик	dm=10 dm=6 dm=6	Патрон конус SK40, DIN 69871-A E446956754070
2,3, 5, 6, 7,8	Універсальний токарний верстат з ЧПК NEF400	VDI 30	Різець прохідний для зовнішньої обробки	HxB= 20*20 мм	Різцетримач радіальний форми B1-30x20, короткий
1,4,9	Універсальний токарний верстат з ЧПК NEF400	VDI 30	Різець розточувальний	L2=40 мм; L1=22 мм	Різцетримач осьовий форми E2 короткий E2-30x20

Висновок: різальні інструменти підібрані відповідно до вимог обробки, на кожну операцію, підібрані ріжучі пластини, стружколоми, визначені матеріали пластин та тип покриття.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	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 інструмента – різця фасонного.

Вихідні дані до розрахунку:

- Ескіз операції для якої здійснюється розрахунок спеціального ріжучого інструменту, що зображений на рисунку 4.1
- Тип і модель верстату;
- Посадочне місце шпинделя верстата;
- Матеріал деталі та визначення границі міцності.

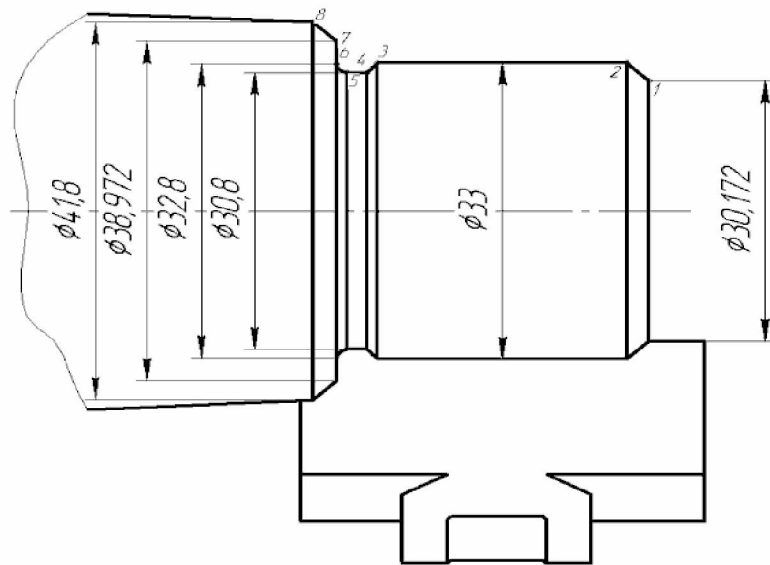


Рисунок 4.1 – Ескіз операції

4.1.1 В якості матеріалу для корпуса різця обираємо Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015 з $\sigma_B = 980$ МПа та допустиме навантаження на згин $\sigma_{и.д.} = 200$ МПа.

4.1.2 Передні та задні кути леза різця визначаємо по табл. 47 [4, с. 136]: $\gamma = 20^\circ$, $\alpha = 10^\circ$.

4.1.3 Розміри додаткових ріжучих кромки приймаємо: $a = 2$ мм – ширина додаткової зміцнюючої кромки; $c = 3$ мм – ширина кінцевої ріжучої кромки; $v_l = 1$ мм – перекриття ріжучої кромки; $\phi_l = 45^\circ$.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.ПІАРІ					
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Проектування та інженерний аналіз різального інструменту			Літ.	Арк.	Архів
Розроб.		Лапаєв								
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.										
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев						Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск		

4.1.4 Загальна ширина різця вздовж осі заготовки:

$$L_p = l_d + a + c + v_l \quad (4.1)$$

$$L_p = 30 + 2 + 3 + 1 = 36 \text{ мм.}$$

4.1.5 Найбільша глибина профілю деталі: $t_{max} = 5,814 \text{ мм.}$

Таблиця 4.1 – Корекційний розрахунок профілю різця

Розрахункова формула	Параметр
$h_i = r_1 \times \sin \gamma_1$	$\gamma_1 = 20^\circ 00'$ $r_1 = 15,086$ $\sin \gamma_1 = 0,342$ $h_i = 5,159$
$A_1 = r_1 \times \cos \gamma_1$ $\sin \gamma_2 = h_i / r_2$	$\cos \gamma_1 = 0,940$ $A_1 = 14,181$ $\gamma_2 = 18^\circ 13' 12''$
$A_2 = r_2 \times \cos \gamma_2$ $A_2 = A_3; \quad C_2 = A_2 - A_1$ $C_2 = C_3; \quad \sin \gamma_4 = h_i / r_4$	$A_2 = 15,681$ $C_2 = 1,5$ $\gamma_4 = 19^\circ 34' 21''$
$A_4 = r_4 \times \cos \gamma_4$ $A_4 = A_5; \quad C_4 = A_4 - A_1$ $C_4 = C_5; \quad \sin \gamma_6 = h_i / r_6$	$A_4 = 14,531$ $C_4 = 0,35$ $\gamma_6 = 18^\circ 33' 50''$
$A_6 = r_6 \times \cos \gamma_6$ $C_6 = A_6 - A_1$ $\sin \gamma_7 = h_i / r_7$	$A_6 = 15,567$ $C_6 = 1,386$ $\gamma_7 = 15^\circ 21' 08''$
$A_7 = r_7 \times \cos \gamma_7$ $C_7 = A_7 - A_1$ $\sin \gamma_8 = h_i / r_8$	$A_7 = 85,883$ $C_7 = 4,622$ $\gamma_8 = 14^\circ 17' 27''$
$A_8 = r_8 \times \cos \gamma_8$ $C_8 = A_8 - A_1$	$A_8 = 20,264$ $C_8 = 6,083$
$\varepsilon_1 = \alpha_1 + \gamma_1$	$\alpha_1 = 10^\circ 00'$ $\gamma_1 = 20^\circ 00'$ $\cos \varepsilon_1 = 0,866$
$P_2 = C_2 \times \cos \varepsilon_1$ $P_2 = P_3$	$C_2 = 1,5$ $P_2 = 1,299$
$P_4 = C_4 \times \cos \varepsilon_1$ $P_4 = P_5$	$C_4 = 0,35$ $P_4 = 0,303$
$P_6 = C_6 \times \cos \varepsilon_1$	$C_6 = 1,386$ $P_6 = 1,299$
$P_7 = C_7 \times \cos \varepsilon_1$	$C_7 = 4,622$ $P_7 = 4,003$
$P_8 = C_8 \times \cos \varepsilon_1$	$C_8 = 6,083$ $P_8 = 5,268$
Примітка: Лінійні розміри в мм	

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.6 Габаритні та конструктивні розміри призматичного різця для найбільшої глибини заготовки $t_{max}=5,814$ мм, вибираємо по табл. 46 [4, с. 135]. Конструктивні розміри $B=14$ мм; $H=75$ мм.

4.1.7 Розміри C_2, C_4, C_6, C_7, C_8 й координати відстаней P_2, P_4, P_6, P_7, P_8 розраховуємо згідно послідовності, вказаній в таблиці 4.1.

4.1.8 Перевіряємо міцність та жорсткість корпусу оправки.

Максимальне навантаження, що допускається міцністю оправки:

$$P_z = \frac{bh^2\sigma_{и.д.}}{6l} \quad (4.2)$$

$$P_z = \frac{0,025 \cdot 0,025^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 0,0645} = 8074,94 \text{ Н};$$

де $\sigma_{и.д.}=200 \times 10^6$ МПа; $l=0,1$ м.

Максимальне навантаження, що визначається жорсткістю різця:

$$P_{zж} = \frac{3fEJ}{l^3} \quad (4.3)$$

де $f=0,1 \times 10^{-3}$ - допустима стріла прогину різця при попередньому точінні;

$E=2 \times 10^{11}$ - модуль пружності матеріалу різця;

J – момент інерції перерізу різця, що обчислюється за формулою:

$$J = \frac{bh^3}{12} \quad (4.4)$$

$$J = \frac{0,025 \cdot 0,025^3}{12} = 3,25 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

$$P_{zж} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,25 \cdot 10^{-8}}{0,0645^3} = 7276,12 \text{ Н}$$

Отже, обраний переріз різця $b \times h=25 \times 25$ задовольняє всім умовам міцності та жорсткості.

4.1.9 Вибір матеріалу ріжучої частини. Обираємо матеріал ріжучої пластини – швидкорізальна сталь P18 ISO 4957-1999.

У технічних вимогах вказуємо матеріал ріжучої пластини, матеріал державки. Розміри контурних точок профілю різця отриманні корекцій ним розрахунком з відхиленням до 0,001 мм. Невказані граничні відхилення становлять $h14, \pm IT14/2$. Ріжуча частина різця приварюється методом контактного стикового зварювання.

4.1.10 Виконуємо робоче креслення призматичного фасонного різця.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для більш глибокого дослідження проєктованого різального інструменту буде проведено його аналіз у програмі SolidWorks із застосуванням модуля Simulation на основі методу кінцевих елементів. Вихідна інформація (об'ємна модель інструменту) представлена на рисунку 4.2.

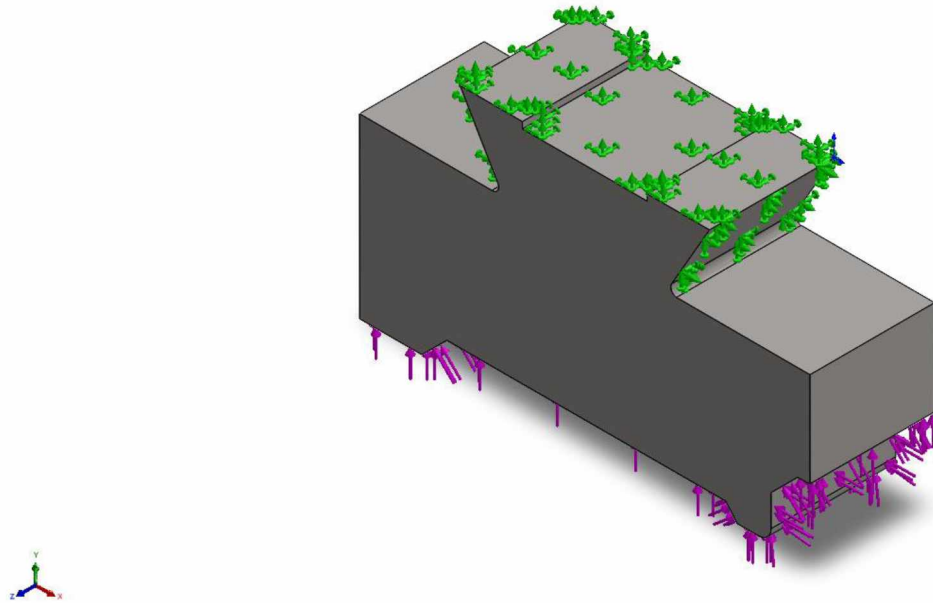


Рисунок 4.2 – Призматичний різець – 3D модель для розрахунку

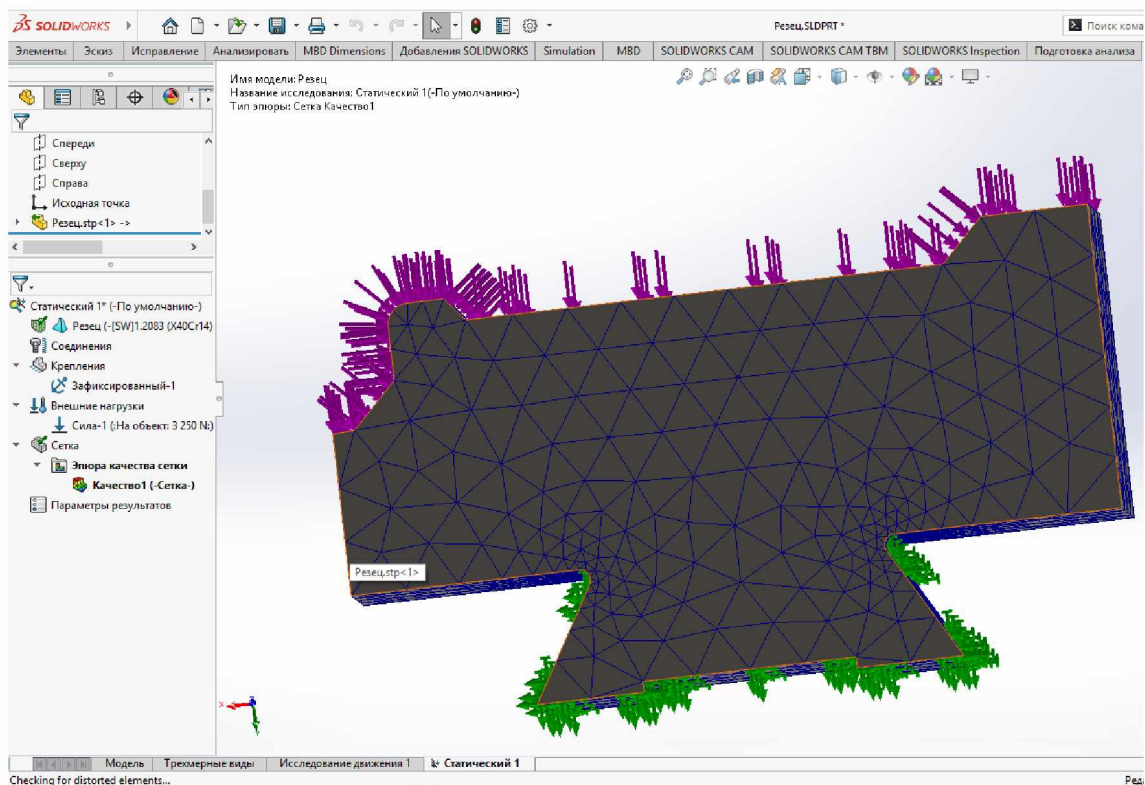


Рисунок 4.3 – Сітка кінцевих елементів інструменту

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

В SolidWorks ми фіксуємо інструмент, як показано на рисунку 4.2. Прикладаємо необхідне зусилля (складову сили різання P_z). Потім створюємо сітку кінцевих елементів (рис. 4.3).

Наступним етапом є аналіз отриманих досліджень

1. Епюра напружень (за Мізесом)

- Тип напружень: еквівалентні за Мізесом (VON)
- Мінімальне значення: $0,01989 \text{ Н/м}^2$
- Максимальне значення: $5,26 \times 10^8 \text{ Н/м}^2$ (у вузлі 804)
- Границя текучості матеріалу (1.2083 / X40Cr14): $1,2 \times 10^9 \text{ Н/м}^2$

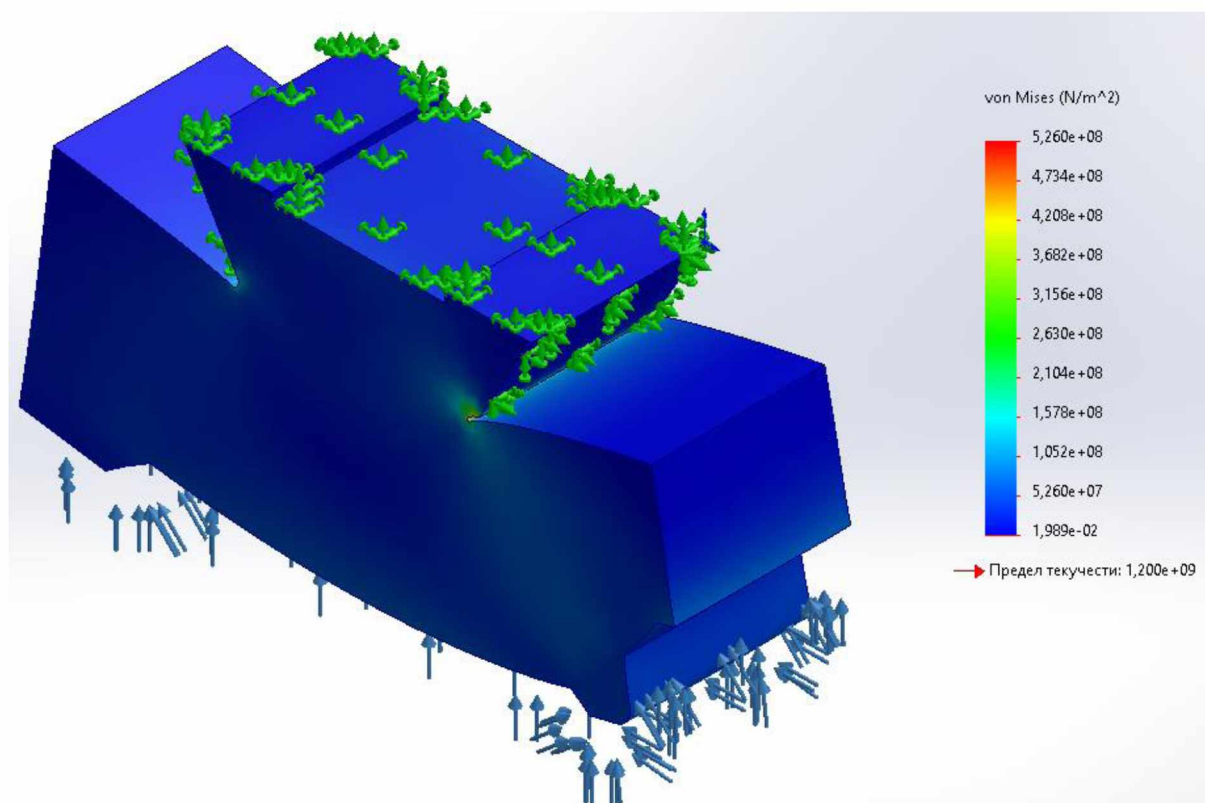


Рисунок 4.4 – Епюра напружень (за Мізесом)

Максимальні напруження становлять приблизно 44% від границі текучості матеріалу, що свідчить про значне, але допустиме навантаження. Різець працює в межах пружної деформації.

2. Епюра переміщень

- Тип: результуюче переміщення (URES)
- Мінімальне значення: 0 мм
- Максимальне значення: 0,02361 мм (у вузлі 13)

Максимальні переміщення становлять лише 23,6 мкм, що свідчить про високу жорсткість конструкції. Такі значення не впливають суттєво на точність обробки.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.ПІА/І	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

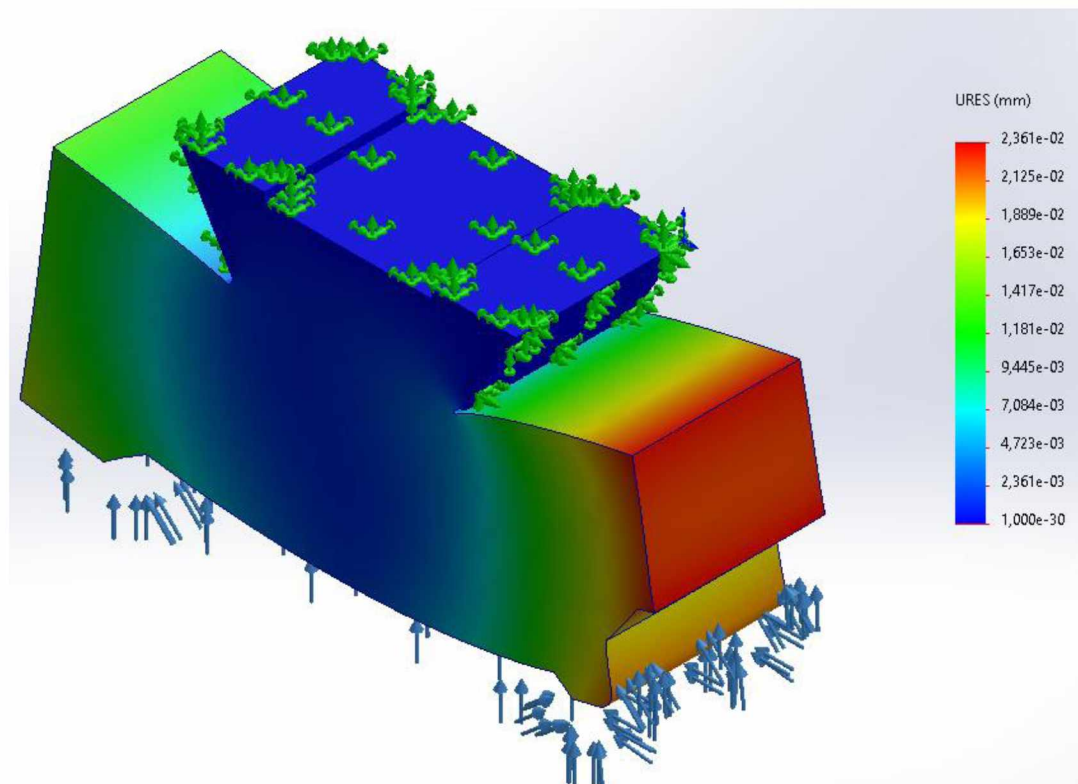


Рисунок 4.5 – Епюра «Переміщення» у додатку Simulation

3. Епюра деформацій

- Тип: еквівалентна деформація (ESTRN)
- Мінімальне значення: $4,014 \times 10^{-7}$
- Максимальне значення: $1,86 \times 10^{-3}$ (в елементі 4199)

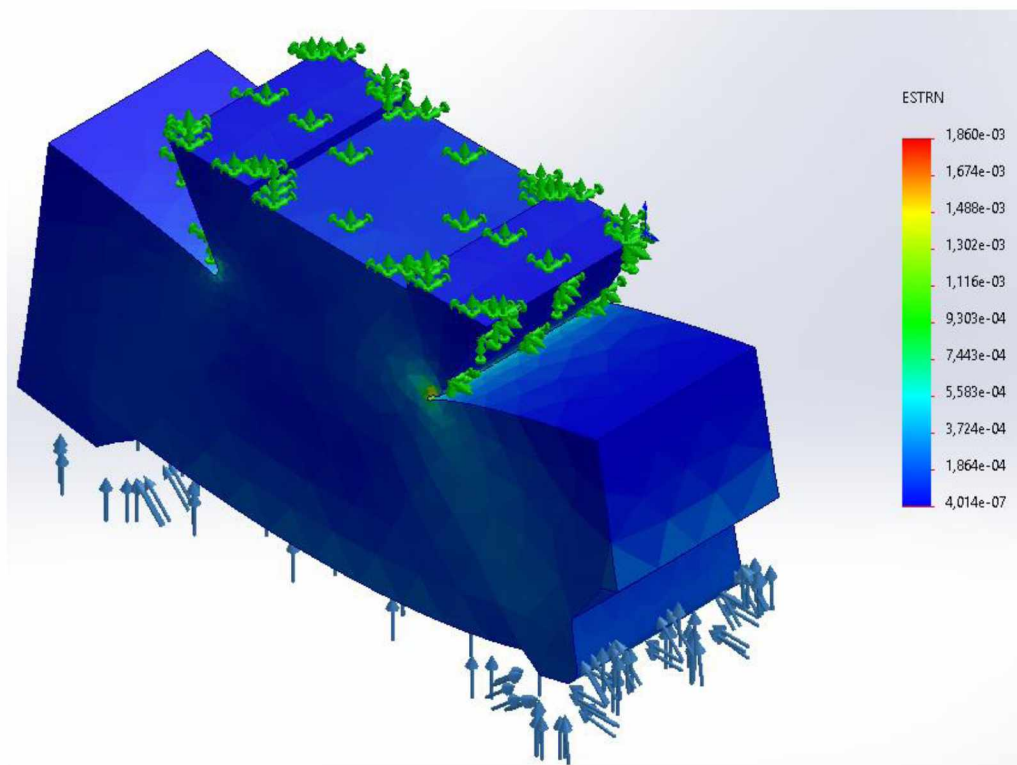


Рисунок 4.6 – Епюра «Деформація» у додатку Simulation

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Максимальні деформації знаходяться в межах допустимих значень для сталі, що підтверджує працездатність конструкції без надмірної гнучкості.

Отже, фасонний призматичний різець, змодельований у середовищі SolidWorks та проаналізований методом скінченних елементів, демонструє стійкість до зовнішніх навантажень. Максимальні напруження не перевищують 44% від границі текучості матеріалу, переміщення мінімальні, а деформації знаходяться у межах пружного стану.

Різець вважається працездатним та придатним до експлуатації за умов навантаження 3250 Н.

Рекомендується провести додатковий аналіз на втому у випадку циклічного навантаження.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.04.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

У межах даного проекту розробляється керуюча програма для автоматизованого керування технологічними операціями на токарний верстат з ЧПК Gildemeister NEF400 (рис. 2.1). Технічні характеристики цієї моделі верстата детально наведені у розділі 2 пояснювальної записки. Для моделювання процесу обробки та створення керуючої програми використовується спеціалізоване САМ-середовище FeatureCAM, яке забезпечує високоточну візуалізацію траєкторії інструменту, оптимізацію режимів різання та автоматичну генерацію NC-коду відповідно до параметрів верстата та вимог до обробки.

Особливості системи SIEMENS Sinumerik 840D.

Система складається з незалежних модулів (NCU, PLC, операційна панель HMI, сервоперетворювачі), що дозволяє адаптувати її до конкретного верстата.

Легка інтеграція до складних виробничих ліній.

Можливість одночасного керування кількома технологічними процесами, що особливо актуально для токарно-фрезерних центрів.

Система SINUMERIK Operate – інтуїтивно зрозумілий інтерфейс користувача з підтримкою сенсорного керування.

Уніфіковане середовище для налаштування, програмування, налагодження та діагностики.

Підтримка віртуального запуску (Virtual Commissioning) за допомогою SinuTrain або NX Mechatronics Concept Designer.

Повна інтеграція з TIA Portal

Об'єднання ЧПК та ПЛК у єдине середовище програмування і діагностики.

Safety Integrated – інтегровані функції безпеки, що відповідають міжнародним стандартам (наприклад, ISO 13849-1).

Підтримка сучасних технологій обробки – 5-осьова обробка. Хайспід (High-Speed Cutting – HSC). Автоматичне розпізнавання та компенсація коливань. Інтелектуальне керування траєкторією (Advanced Surface, Top Surface, COMPCAD тощо).

Переваги впровадження Sinumerik 840D:

Висока точність і швидкодія.

Гнучкість програмування (від ручного до автоматизованого).

Надійність і тривалий термін експлуатації.

Потужна підтримка та документація від Siemens.

Можливість підключення до хмарних рішень та Industrie 4.0.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.05.МПОМО				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Лапаєв			Моделювання та програмування операцій механічної обробки		Літ.	Арк.	Архівів
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.							Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск		
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

З метою розроблення програми керування для обробки деталі типу «Кільце» було проведено моделювання технологічного процесу в середовищі автоматизованого програмування FeatureCAM. На основі технічних характеристик токарного верстата з ЧПК Gildemeister NEF400 та даних про металорізальний інструмент, визначених у розділі 3, здійснено побудову послідовності обробки та перевірено коректність технологічних рішень.

На рисунках 5.1–5.6 наведено послідовні етапи симуляції обробки деталі «Кільце», а також отримані результати моделювання, які підтверджують правильність побудованої технологічної маршрутизації.

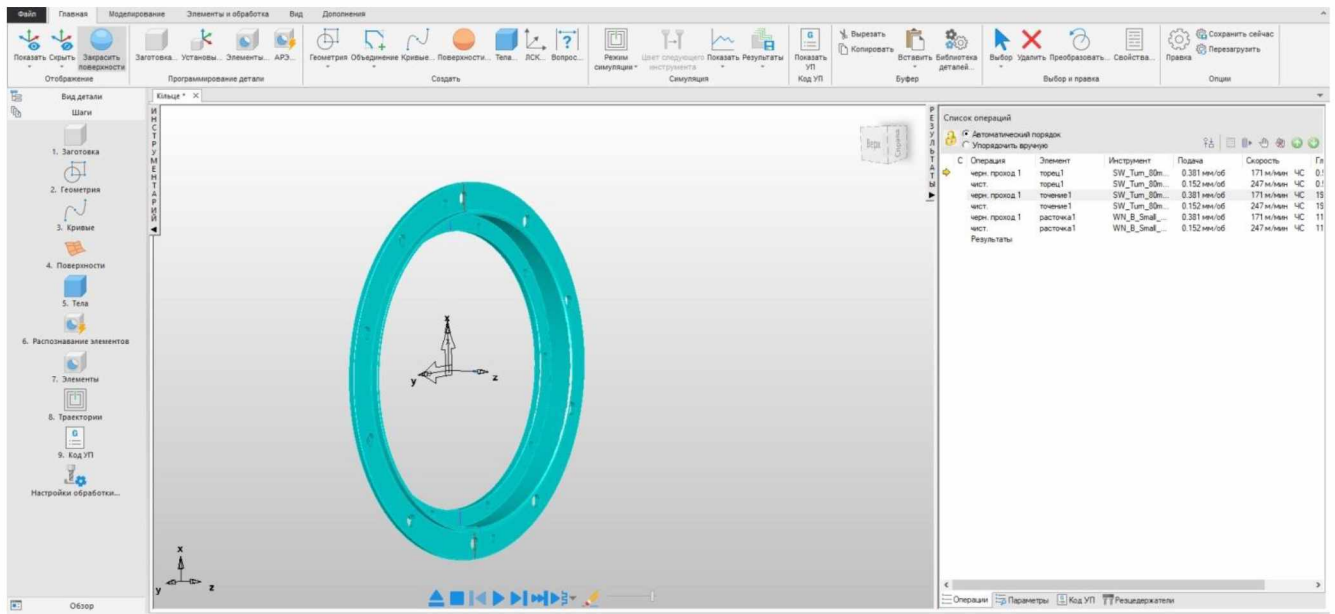


Рисунок 5.1 – Об’ємна модель деталі «Кільце» у FeatureCAM

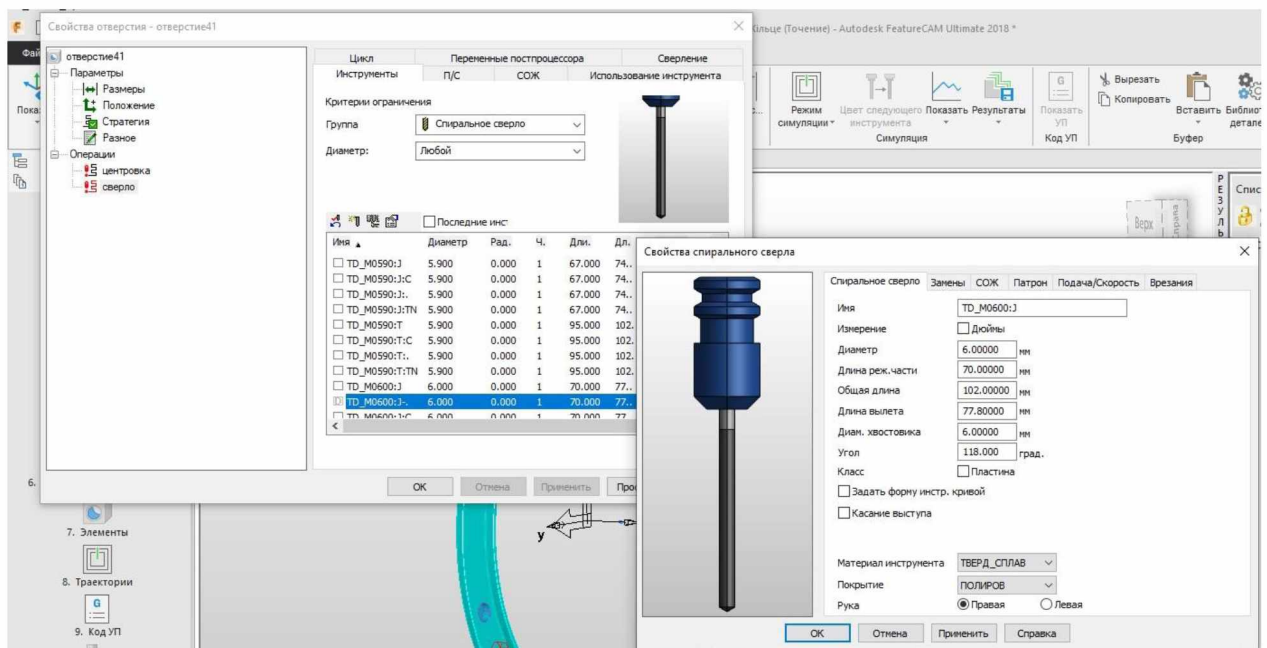


Рисунок 5.2 – Підбір різального інструменту (свердло) для обробки

					КНУ.КБР.131.25.4-02.05.МПМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

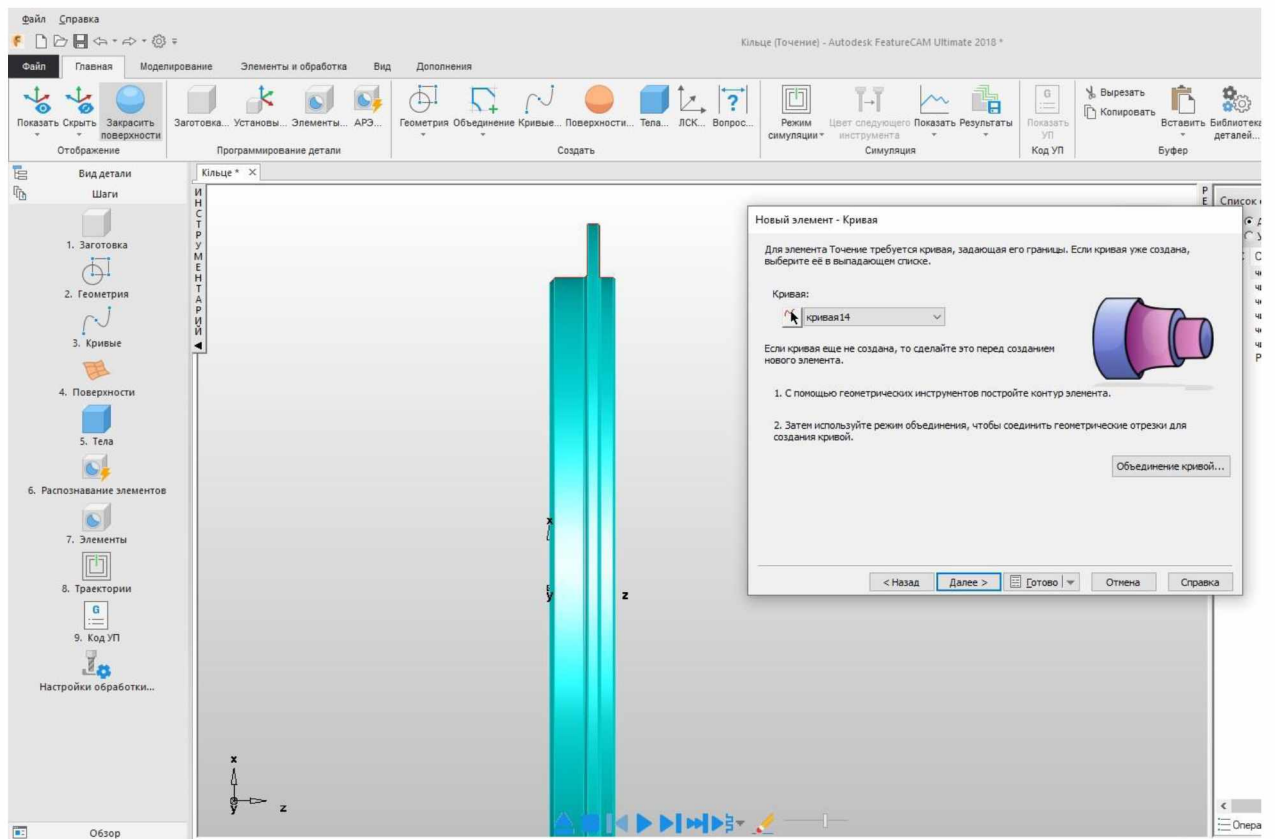


Рисунок 5.3 – Розпізнавання елементів деталі «Кільце» у Feature CAM

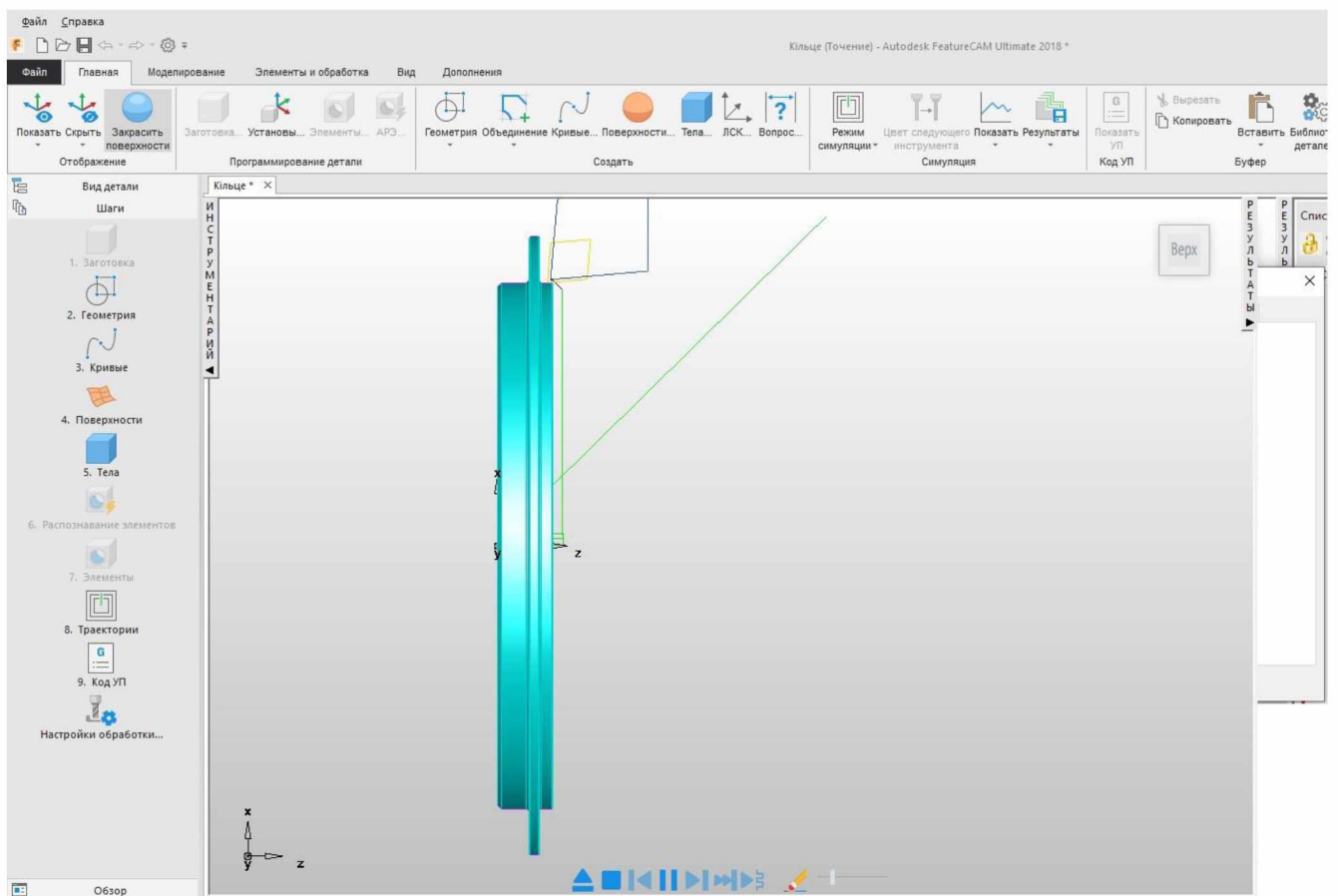


Рисунок 5.4 – Моделювання у Feature CAM процесу обробки деталі «Кільце» – точіння циліндричної поверхні

					КНУ.КБР.131.25.4-02.05.МПМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

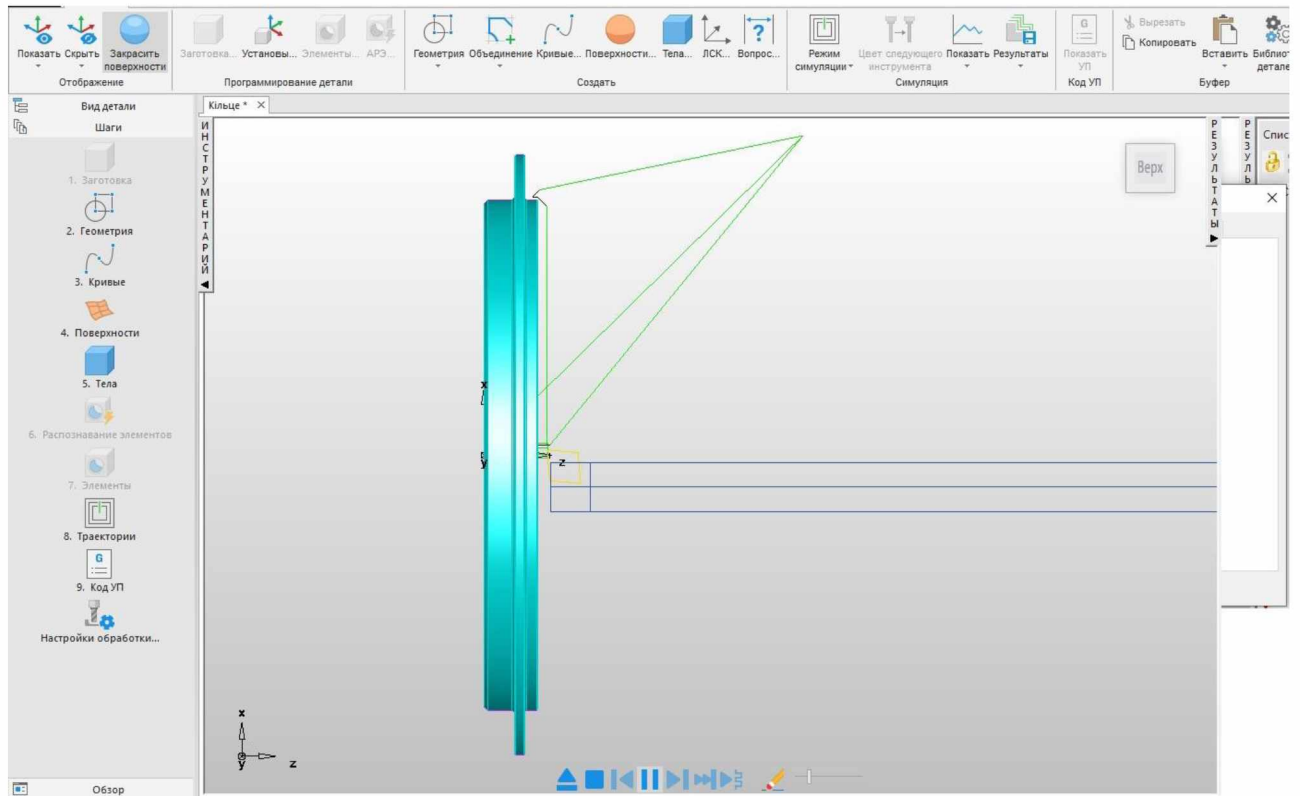


Рисунок 5.5 – Моделювання у Feature CAM процесу обробки деталі «Кільце» – розточування отвору

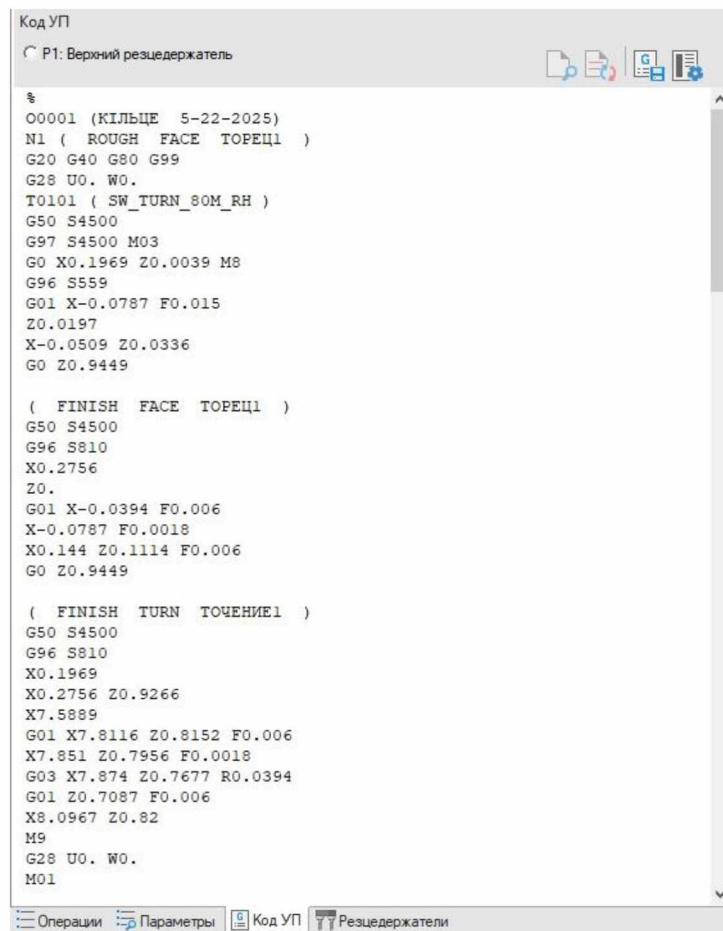


Рисунок 5.6 – Фрагмент КП обробки деталі «Кільце» отриманої у Feature CAM

					КНУ.КБР.131.25.4-02.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

У ході моделювання враховано такі параметри:

- габаритні розміри заготовки;
- точні координати розташування оброблюваних поверхонь;
- типи і геометричні параметри застосованого інструменту;
- режими різання, рекомендовані для обраного матеріалу деталі;
- кінематичні обмеження верстата.

Процес моделювання дозволив:

- виявити потенційні колізії між інструментом і заготовкою;
- оптимізувати траєкторії руху інструменту;
- забезпечити мінімізацію холостих переміщень;
- підвищити ефективність та безпечність реального виконання програми на верстаті з ЧПК.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз і здійснено розрахунок собівартості виготовлення деталі «Кільце» за двома альтернативними методами обробки. Розглянуто економічну доцільність модернізації технологічного процесу шляхом заміни застарілого обладнання – токарних і шліфувальних верстатів моделей 16K20, 1A64 і 2M55 – на сучасний токарний верстат з числовим програмним керуванням Gildemeister NEF400.

Результати аналізу й розрахунки терміну окупності обраного варіанта наведено в таблицях 6.1–6.4.

У таблиці 6.1 подано вихідні дані для виконання розрахунків.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунку

Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16K20	1A64	2M55	NEF400
Деталь				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500			1500
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20			20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3			3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	5	20	3	15
Час наладки верстата, хв.	16	16	8	20
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5			5
	4	3	3	2
	3	3	3	5
		4		4
Кількість кадрів програми, шт.				250
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	896			896
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	42500	50000	31000	70000

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ				
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Архів	
Розроб.	Лапаєв								
Перевір.	Нечаєв								
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск			
Н. контр.	Нечаєв								
Зав. каф.	Рязанцев								

Продовження таблиці 6.1

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1,5	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.				2492
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
верстатника $H_{ст}$	120	130	120	160
наладчика $H_{нал}$	130	135	125	150
наладчика інструмента $H_{ін}$	110	120	115	150
контролера H_k	115			145
Верстати				
Клас точності верстата	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	3,035	11,4	4,7	3,5
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,8 x 3,2	5,825 x 2	2,665 x 1	2,66x 2,2
Габарити пристрою ЧПК, м				0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК				Sinumerik 840D
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	11	10	10	22,4
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини R_m	18,6	27,7	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	13,4	14	9,2	18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	260000	145000	1235000

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,7	0,75	0,75	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	9,0	11,7	2,7	5,9
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.				0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини N_m	401	401	401	272
електротехнічної частини N_e	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	4	2,5	1,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	4055	3975	3975	3935
Виробничі та інші площі				
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500			500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000			1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого $A_{об}$, м. кв.	7			7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $N_{пл.}$, грн.	180	180	180	200

Таблиця 6.2 містить допоміжні показники, що використовувались у розрахунках.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників				
Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16K20	1A64	2M55	NEF400
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	400	75	1400
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,33333	5,333333	2,666667	6,666666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	1,733333	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	33,2	6,225	116,2
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,04	0,38
(дійсна)	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,000932	0,01075
(дійсна)	1	0	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,00	0,06
(дійсна)	1			1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{доп}$, 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	0,14	0,18	0,026	0,38

У табл. 6.3 представлено розрахунок собівартості річного обсягу виготовлення деталей і обсяг капітальних вкладень. Табл. 6.4 демонструє зведені витрати, річний економічний ефект і строк окупності інвестицій.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; I_{in} – 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_a – 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_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера											
										C_1 на деталь = 206,87 C_2 на деталь = 191,11	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 179655 + 2746,60 + 199,33 + 0,00 + 46106,7 + 0 + 4735,35 + 1883,62 + 63000 + 3629,3 + 0 + 8351,88 =$										310307,52	
$C_2 = 186157 + 1572,48 + 234,00 + 830,67 + 26133,3 + 0 + 12960,09 + 3024,00 + 35000 + 3173,6 + 733,77 + 16849,00 =$										286668,38	
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де K_6 – 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_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 101973 + 5232 + 63000 + 78447 + 123500 + 0 =$						372153					
$K_2 = 244530 + 1922 + 28000 + 80316 + 70000 + 2492 =$						427259,55					

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

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
366130	310308	0,15	372153
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
350757	286668	0,15	427260

Річний економічний ефект		
$E = Z_1 - Z_2$		
15373	366130	350757

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
2,33	427260	372153	310308 286668,4

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, заміна трьох морально застарілих верстатів на один сучасний верстат з ЧПК дозволяє значно зменшити час обробки деталі. Запропоновані заходи модернізації є економічно доцільними, адже строк окупності становить 2,33 роки, а очікуваний економічний ефект – 15373 грн.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва. Забруднення повітря продуктами машинобудівного виробництва

У ХХІ столітті проблема забруднення навколишнього середовища набула глобального характеру, ставши викликом не лише для окремих країн, а й для всього людства. Одним із основних джерел забруднення є промисловість, зокрема машинобудівна галузь — комплекс підприємств, які займаються виробництвом машин, механізмів, інструментів і транспортних засобів. В Україні машинобудування є однією з ключових галузей економіки, але його екологічне навантаження на довкілля часто залишається поза увагою.

Особливу тривогу викликає забруднення повітря, адже саме атмосферне середовище є найбільш вразливим і швидко реагує на зміни. Забруднення атмосфери пов'язане як з основними технологічними процесами, так і з використанням застарілого обладнання та низьким рівнем екологічної модернізації. Важливо не лише визначити масштаби та джерела цих забруднень, але й запропонувати дієві механізми їх зменшення або усунення.

6.2.1 Основні джерела забруднення повітря в машинобудівному виробництві

Викиди від стаціонарних джерел. До них належать промислові котельні, печі, зварювальне та ливарне обладнання. Вони виділяють у повітря оксиди азоту, сірки, вуглецю, а також важкі метали.

Технологічні процеси. У процесі механічної обробки, термообробки та зварювання утворюються аерозолі металів, пил та отруйні гази.

Використання мастильно-охолоджувальних рідин (МОР). Випаровування цих рідин спричиняє появу шкідливих органічних сполук у повітрі цехів.

Вторинне забруднення. Пов'язане з накопиченням та транспортуванням відходів виробництва.

За даними Державної екологічної інспекції України, частка викидів від машинобудівних підприємств у структурі промислового забруднення становить близько 12%. Це охоплює:

- оксиди азоту (NO_x),
- діоксид сірки (SO₂),
- монооксид вуглецю (CO),
- тверді частинки (PM₁₀, PM_{2.5}),
- леткі органічні сполуки (ЛОС),
- важкі метали (свинець, кадмій, ртуть).

Одним із ключових джерел є зварювальні та ливарні цехи. Наприклад, при зварюванні утворюються аерозолі з високим вмістом марганцю, який є

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

небезпечним для нервової системи. У ливарному виробництві спостерігається велике виділення пилу та чадного газу, особливо під час використання коксу.

6.2.2 Вплив на здоров'я та довкілля

Медичні дослідження свідчать, що працівники машинобудівних підприємств частіше страждають від хронічних захворювань дихальної системи. Крім того, шкідливі викиди впливають на екосистеми: підкислення ґрунтів, загибель рослинності та зниження біорізноманіття в промислових зонах.

Наслідки забруднення:

- погіршення якості повітря.
- зростання рівня захворюваності серед працівників підприємств та населення навколо.
- руйнування озонового шару та зміна клімату.
- зниження біорізноманіття.

У країнах ЄС машинобудівні підприємства зобов'язані впроваджувати так звані «найкращі доступні технології» (BAT – Best Available Techniques). Це включає:

- замкнуті системи вентиляції;
- автоматичний контроль викидів у реальному часі;
- електростатичні фільтри з ефективністю понад 99%.

У Німеччині, наприклад, підприємства, які не відповідають екологічним стандартам, не допускаються до участі в державних тендерах.

6.2.3 Шляхи вирішення в Україні

Оновлення законодавства – посилення норм щодо допустимих рівнів викидів.

Фінансове стимулювання – податкові пільги для підприємств, що впроваджують екологічні технології.

Використання альтернативних джерел енергії – перехід від вугілля до природного газу чи електроенергії з ВДЕ.

Екоаудит та сертифікація – регулярний моніторинг відповідності нормам ISO 14001.

Інформаційна відкритість – обов'язкова публікація даних про викиди на рівні підприємств.

Впровадження сучасних фільтраційних систем – використання електрофільтрів, скрубєрів, циклонів для очищення викидів.

Модернізація обладнання – заміна застарілих агрегатів на енергоефективні та менш токсичні технології.

Автоматизація процесів – дозволяє зменшити контакт працівників з небезпечними речовинами та підвищити точність дозування матеріалів.

Удосконалення вентиляції на підприємствах – забезпечує ефективне видалення забруднень з повітряного середовища.

Перехід на екологічні матеріали – зменшення використання токсичних речовин, впровадження біорозкладних мастил та охолоджувачів.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Моніторинг та контроль стану повітря – постійне спостереження за викидами дозволяє своєчасно виявляти порушення та реагувати на них.

Висновки.

Проблема забруднення повітря внаслідок діяльності машинобудівних підприємств є складною, багатофакторною і потребує системного підходу до вирішення. В Україні спостерігається значне технологічне відставання в частині екологізації машинобудівного виробництва. Водночас існує потенціал для реформ – через адаптацію європейських стандартів, заохочення інновацій і підвищення рівня екологічної культури на підприємствах.

Реалізація запропонованих рішень дозволить не лише зменшити шкоду для довкілля, а й підвищити конкурентоспроможність українського машинобудування на світовому ринку. У майбутньому саме інтеграція екологічних стандартів у виробничу стратегію може стати запорукою стійкого розвитку галузі.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У результаті виконання бакалаврської випускної роботи вирішено комплексне завдання конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Кільце», яка входить до складу маточини заднього колеса сідельного тягача КАМАЗ.

У першому розділі було здійснено аналіз вихідних даних та службового призначення деталі. Обґрунтовано вимоги до точності та розраховано основні параметри різьбового з'єднання, з урахуванням умов експлуатації. Встановлено, що конструктивні особливості деталі вимагають високої точності виготовлення та якісного кріплення.

У другому розділі розглянуто службові функції деталі в складі вузла, проаналізовано вимоги до якості поверхонь. На основі цього було спроектовано раціональний технологічний процес механічної обробки та здійснено обґрунтований вибір сучасного високопродуктивного обладнання.

У третьому розділі визначено тип та геометричні параметри основного різального інструменту, зокрема інструментів виробництва Seco, що забезпечують потрібну точність і чистоту оброблюваних поверхонь. Проведено інженерний розрахунок на міцність конструктивних елементів інструменту, що підтвердив їхню працездатність за заданих режимів. Також здійснено вибір допоміжного інструменту відповідно до типорозмірів.

Четвертий розділ присвячено проектуванню спеціального різального інструменту – фасонного призматичного різця. Було виконано інженерний аналіз інструменту у середовищі SolidWorks Simulation, що дозволило оцінити розподіл напружень, переміщень та деформацій під час навантаження, підтвердивши надійність запропонованої конструкції.

У п'ятому розділі реалізовано моделювання та програмування операцій токарної обробки деталі «Кільце» у середовищі Autodesk FeatureCAM для виконання на верстаті Gildemeister NEF400. Розроблені керуючі програми забезпечують автоматизацію обробки та скорочення підготовчо-заключного часу.

У шостому розділі проведено розрахунки основних техніко-економічних показників проєкту. Встановлено, що запропонований технологічний процес є економічно доцільним: строк окупності – 2,33 роки, економічний ефект – 15 373 грн. Також були розглянуті питання охорони праці та екологічної безпеки, зокрема зменшення викидів забруднюючих речовин у повітря за рахунок впровадження сучасних екологічно безпечних технологій обробки.

Таким чином, у роботі комплексно вирішено завдання проектування ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Кільце» із застосуванням сучасних CAD/CAM систем та інструментів. Отримані результати можуть бути впроваджені у серійному виробництві, що сприятиме підвищенню якості, продуктивності та економічної ефективності виготовлення деталей машин.

					<i>КНУ.КБР.131.25.4-02.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Лапаєв</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</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. ЗПМ-22ск</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. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.

3. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.

4. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.

5. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення

6. Електронний каталог «Seco» 2015.

7. Електронний каталог «EROGLU» 2015

8. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.

9. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					КНУ.КБР.131.25.4-02.СВД		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаних джерел		
Розроб.	Лапаєв						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ЗПМ-22ск		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Кільце» та обґрунтування параметрів різального інструменту
з використанням САПР технологій

Виконав здобувач гр. ЗПМ-22ск

(підпис)

Ян ЛАПАЄВ

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
Справ. №					Кресления					
	A2		1	КНУ.КБР.131.25.4-02.К	Кільце	1				
	A2		2	КНУ.КБР.131.25.4-02.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1				
	A2		3	КНУ.КБР.131.25.4-02.РФП	Різець фасонний призматичний	1				
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.4-02.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1				
	A3		5	КНУ.КБР.131.25.4-02.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1				
Подп. и дата	Подп. и дата	Инв. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.4-02.ВЕД
Инв. № подл.	Разраб.	Лопачев			Відомість електронних документів КБР	Лит.	Лист	Листов		
	Пров.	Нечаев				Н		1		
	Н.контр.	Нечаев				Кафедра ТМ				
	Утв.	Рязанцев				гр. ЗПМ-22ск				

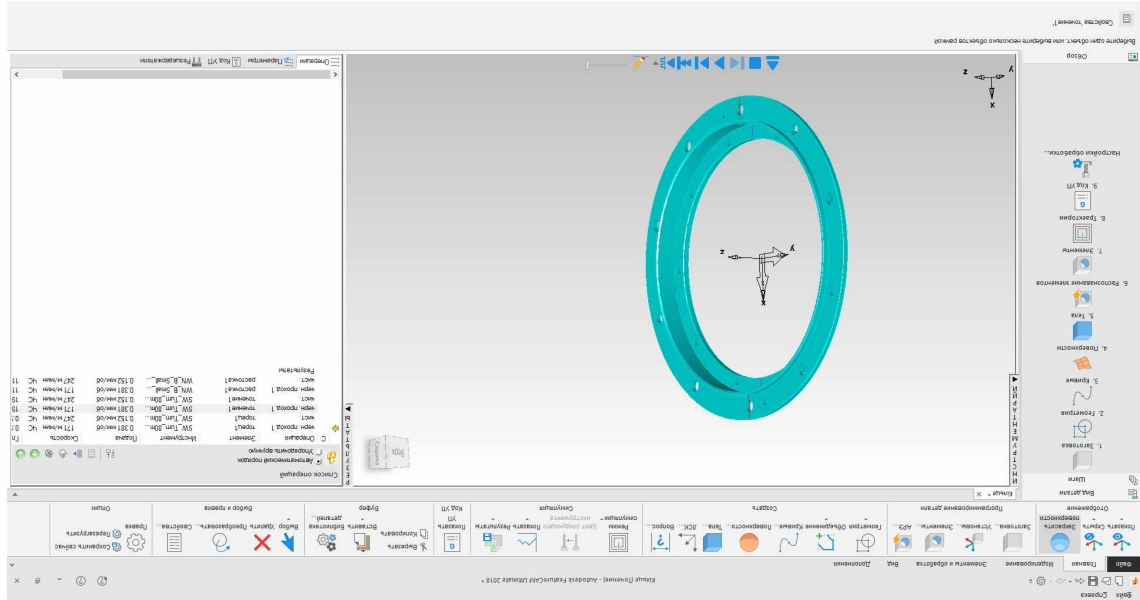
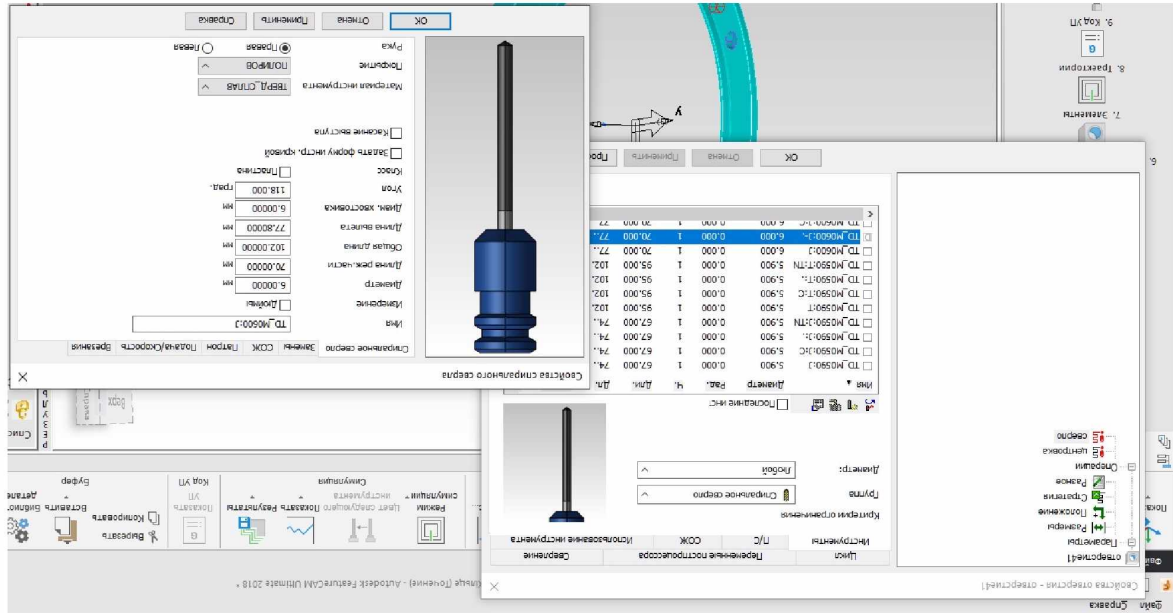
Копировал

Формат А4

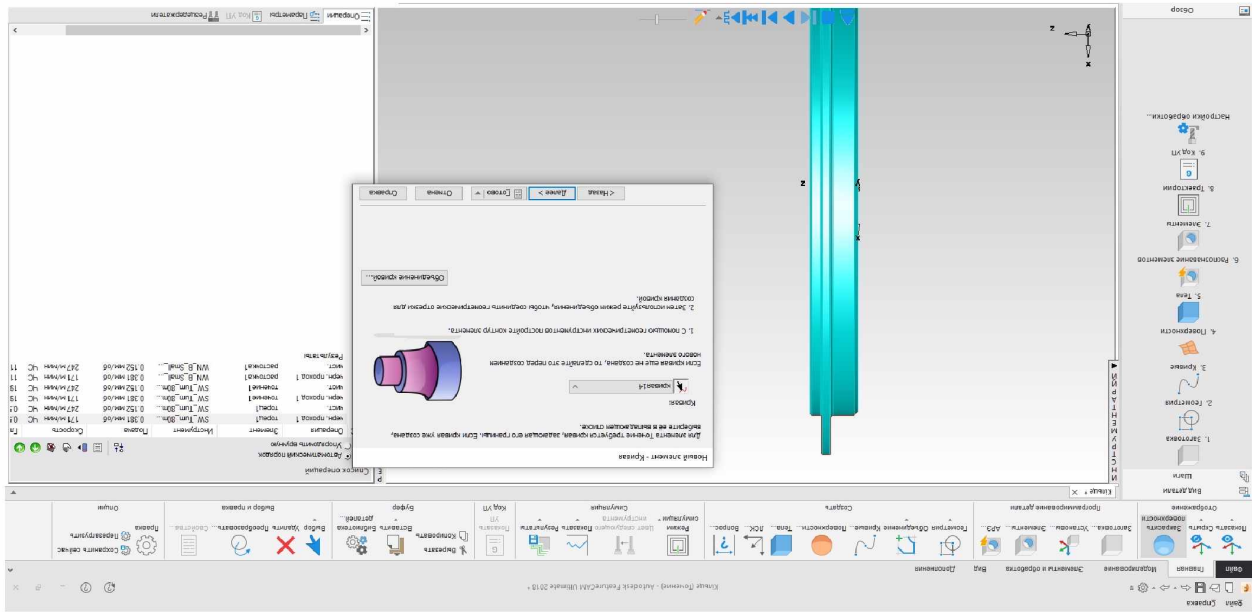
КНУ.КБР.131.25.4-02.МПМО

Εμπανν οδποδκν δεμαν!

(KHHH00W) !mshar nkrddgo h'atodu khhagouarow mhwzrpf

[illegible]

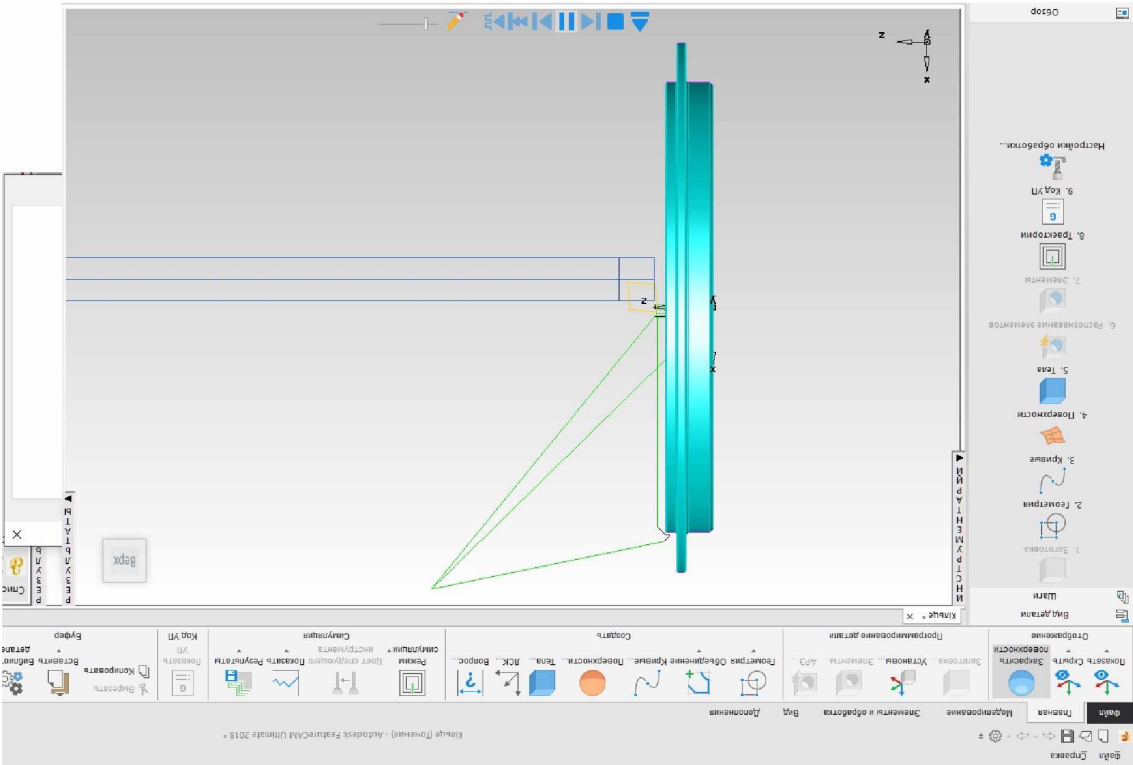
Розп'ябаваня елементаў дэталі

[illegible]

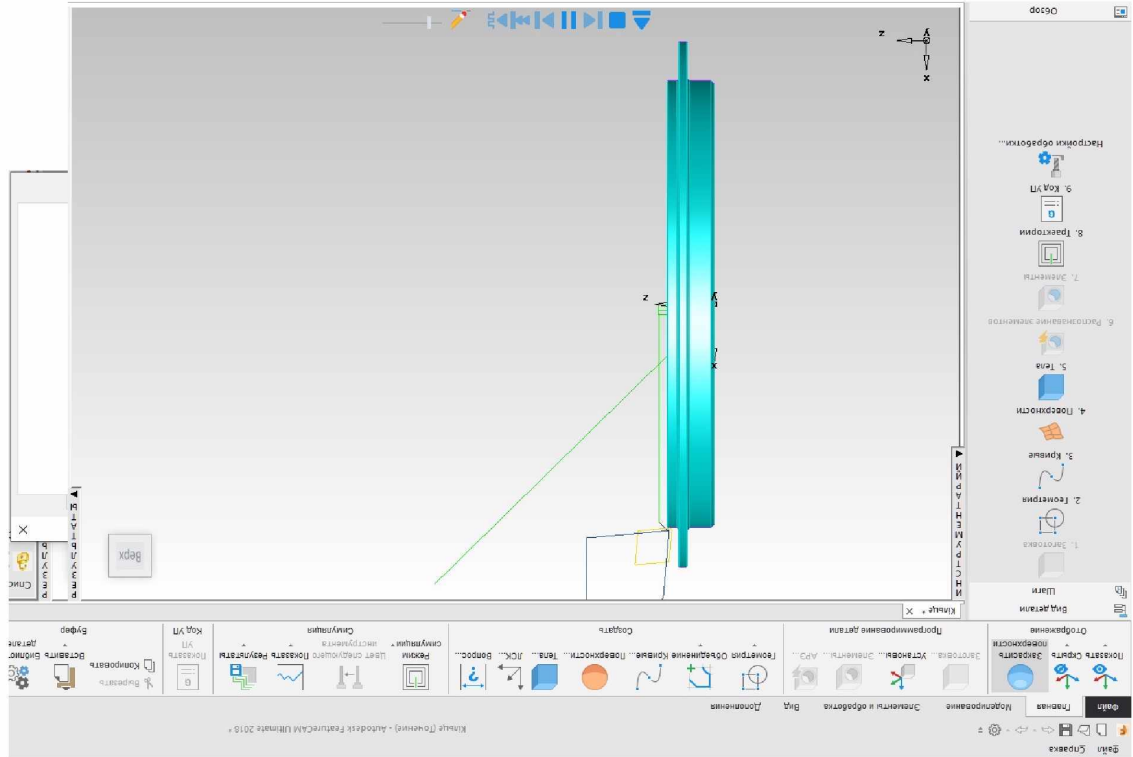
Модельная база данных

И/м	Маца	Мацшмад
Н		
И/м	И/м	И/м
Кафедра ТМ		
зр. 31ТМ-22сх		

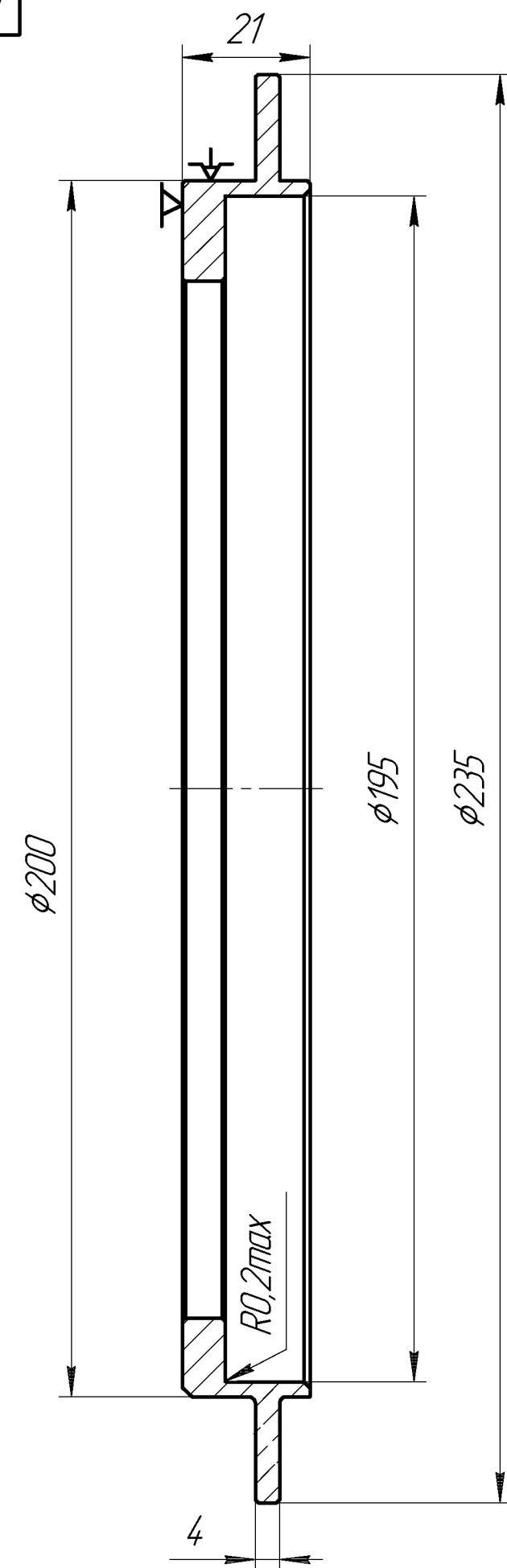
KHYKBP.131254-02.M7M0



(ԿՀՀԽԳՆԻՕՎԵՐԾ) ՆՄՉԱՐ ՈՂՋՐԾՋՐ ԴՇԱԾՈՍԸ ԿՀՀԽԳՍՆԱՐՈՎ ՄԻՁԱՇՐԾՓ

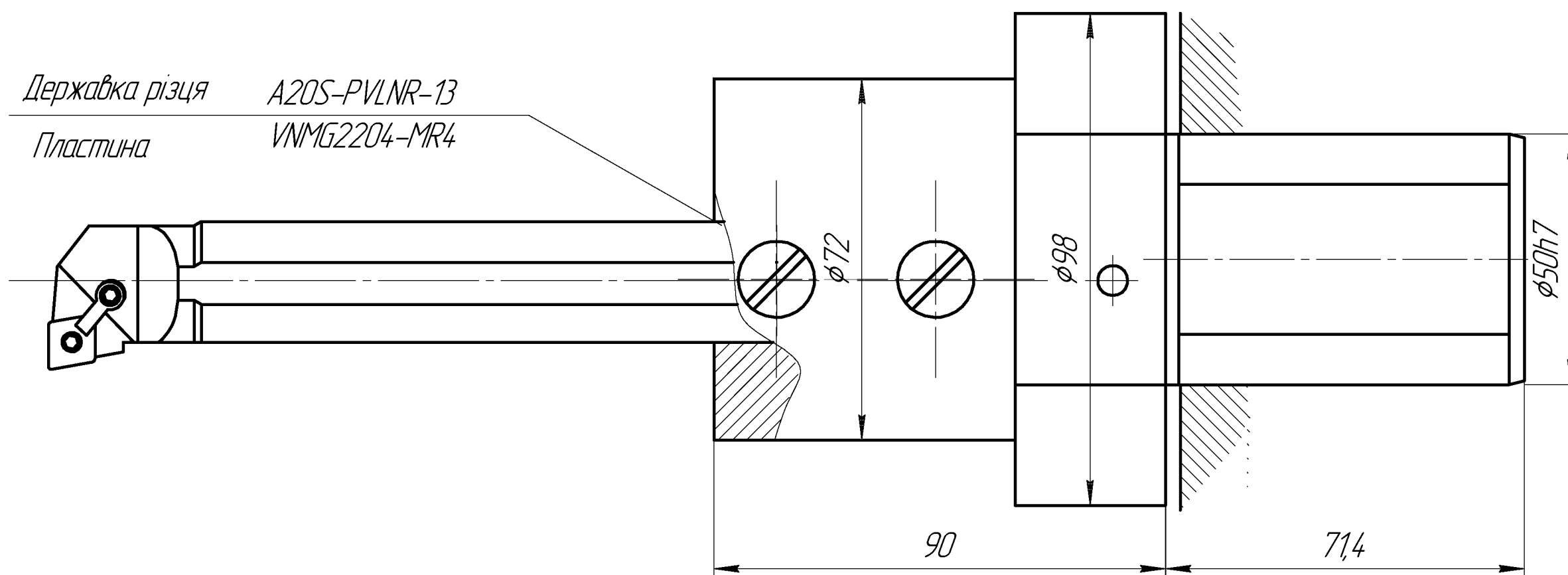


Операція токарна ЧПК
Верстат: токарний з ЧПК моделі NEF400



T 02

Державка різця A20S-PVLNR-13
Пластина VNMG2204-MR4

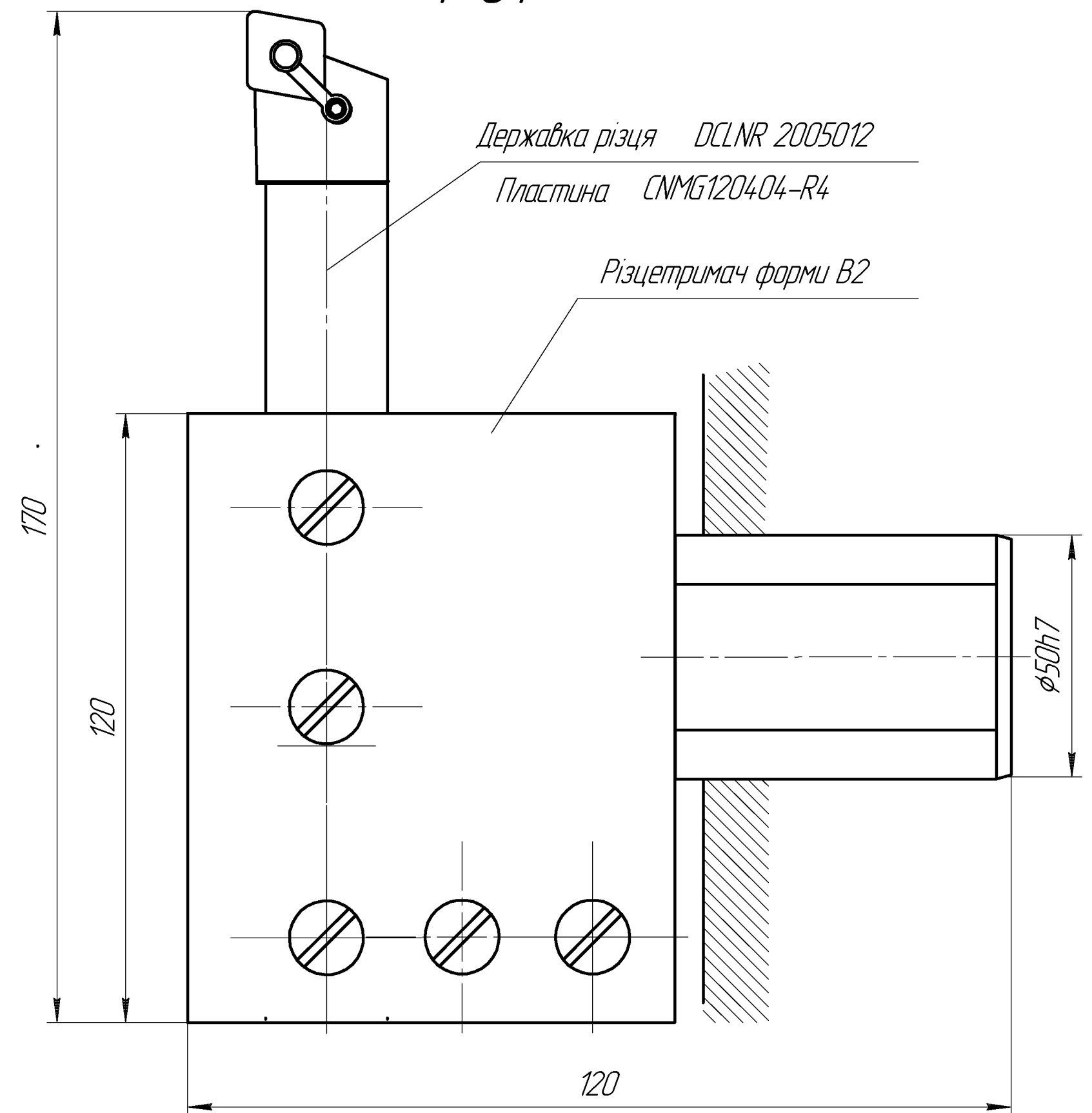


T 01

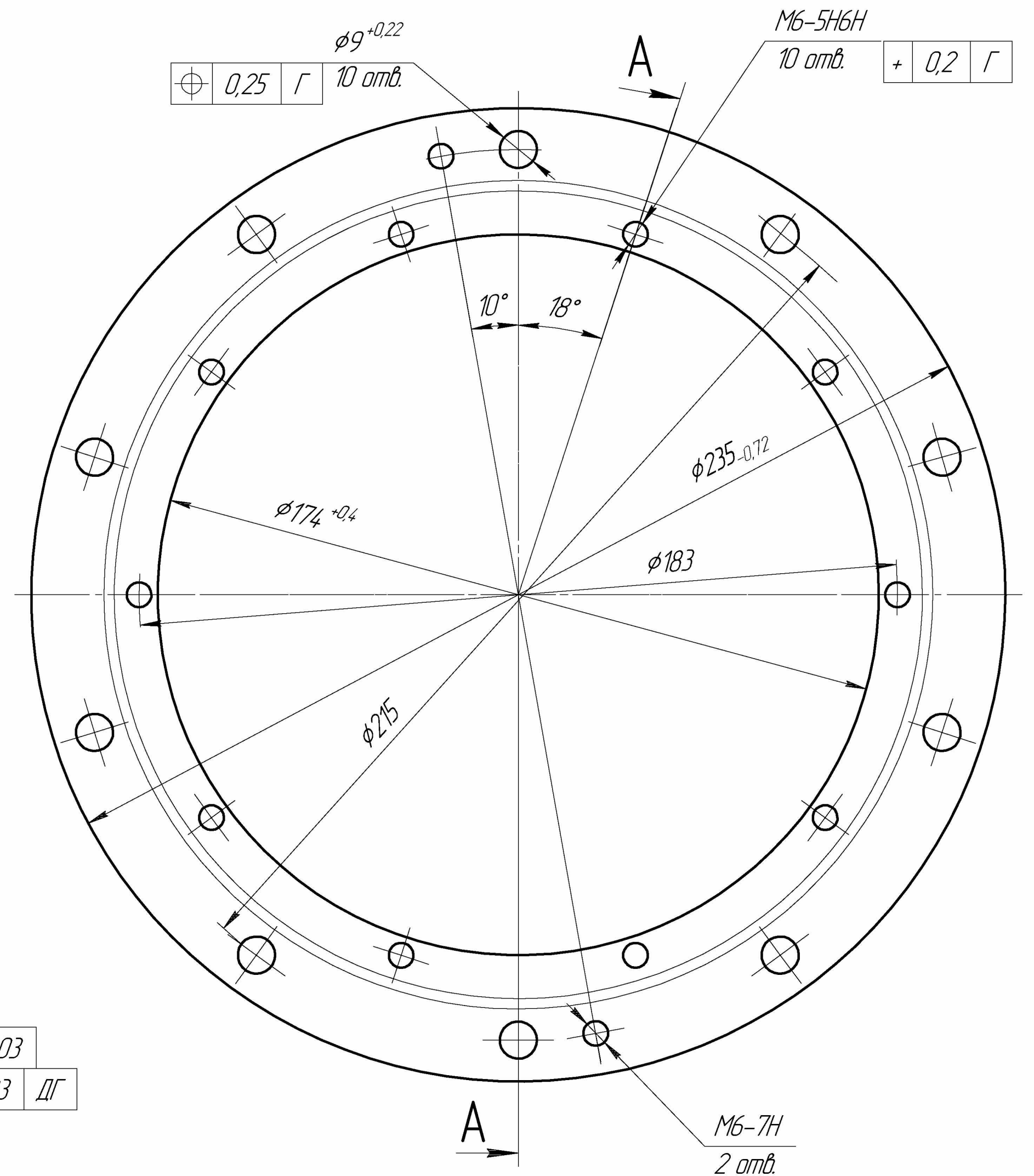
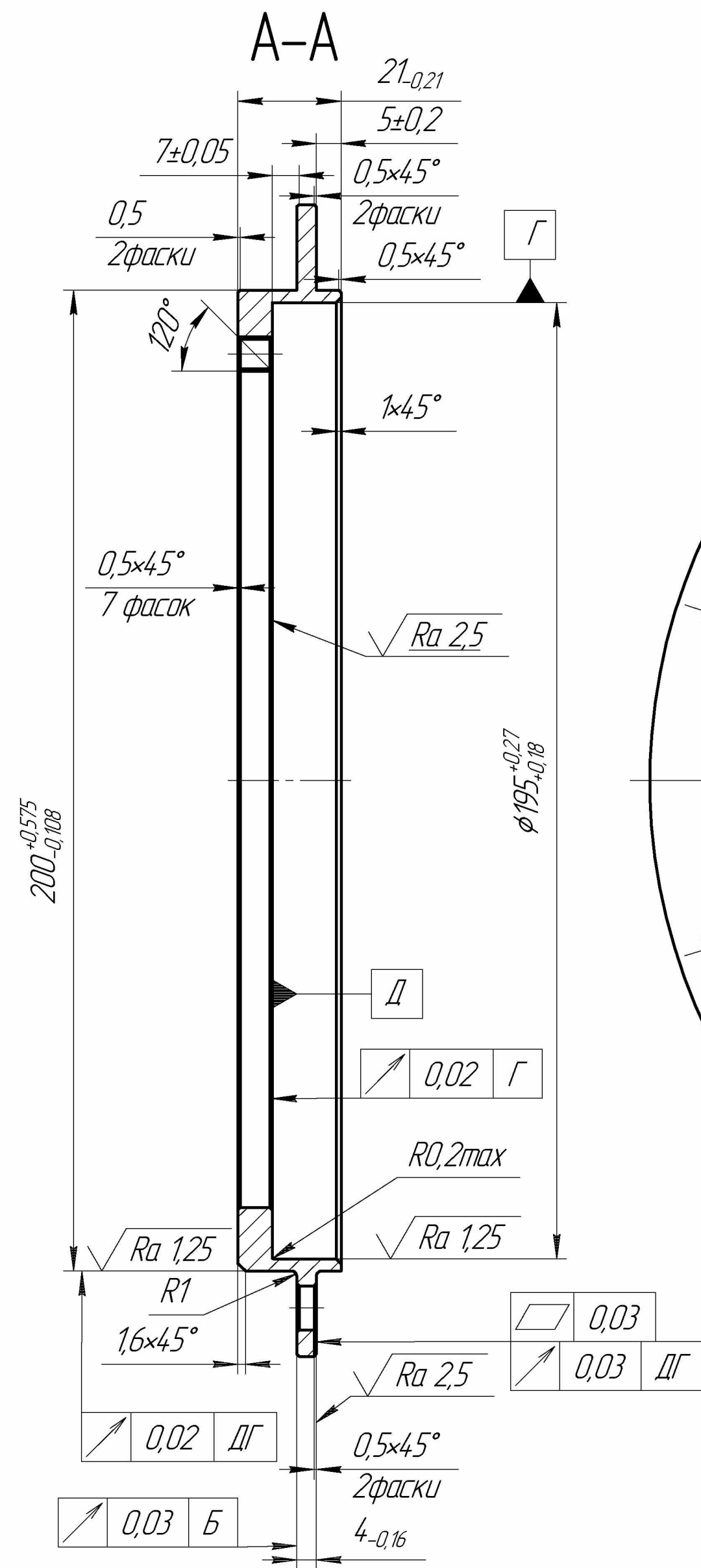
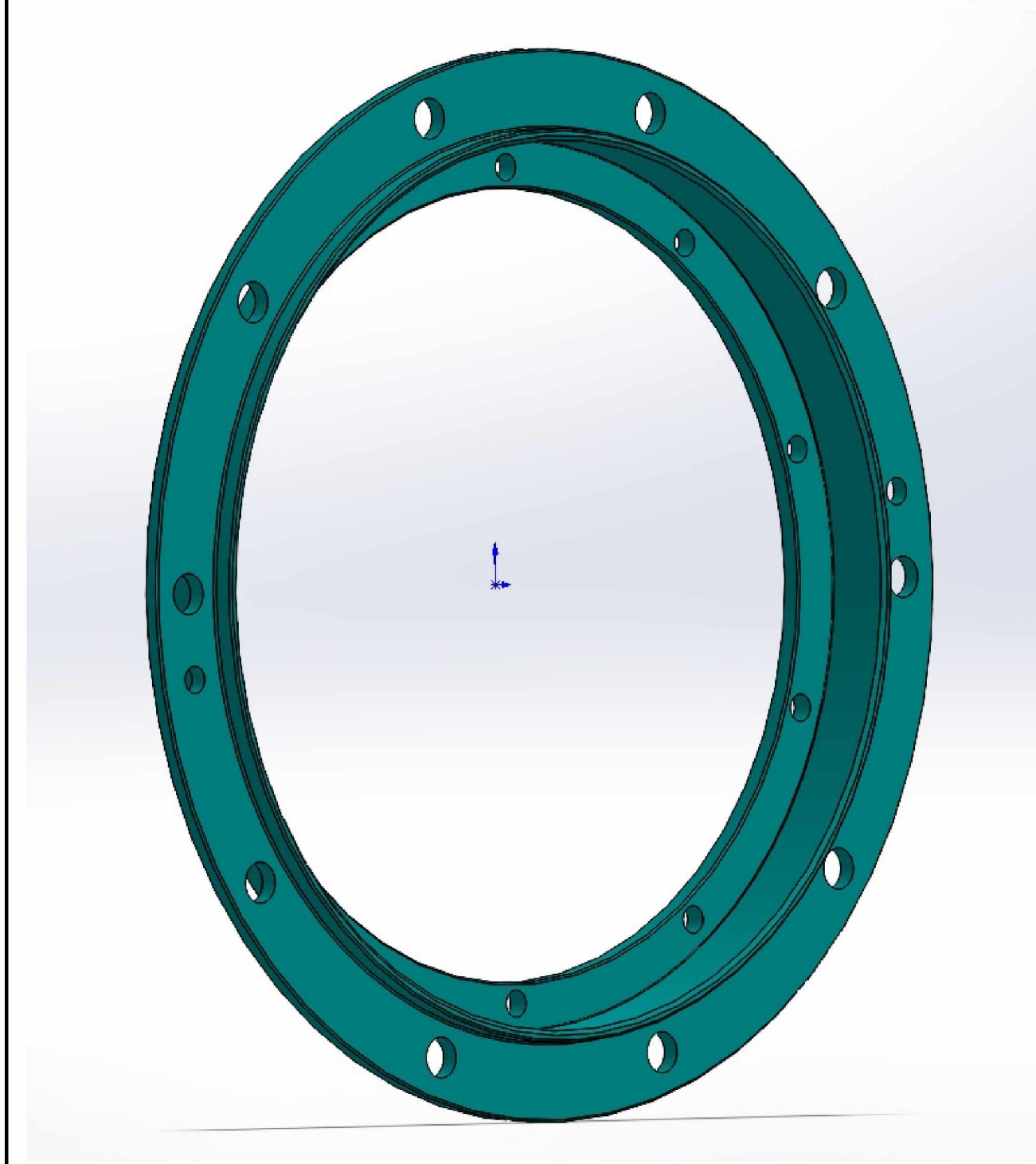
Державка різця DCLNR 2005012

Пластина CNMG120404-R4

Різцетримач форми B2

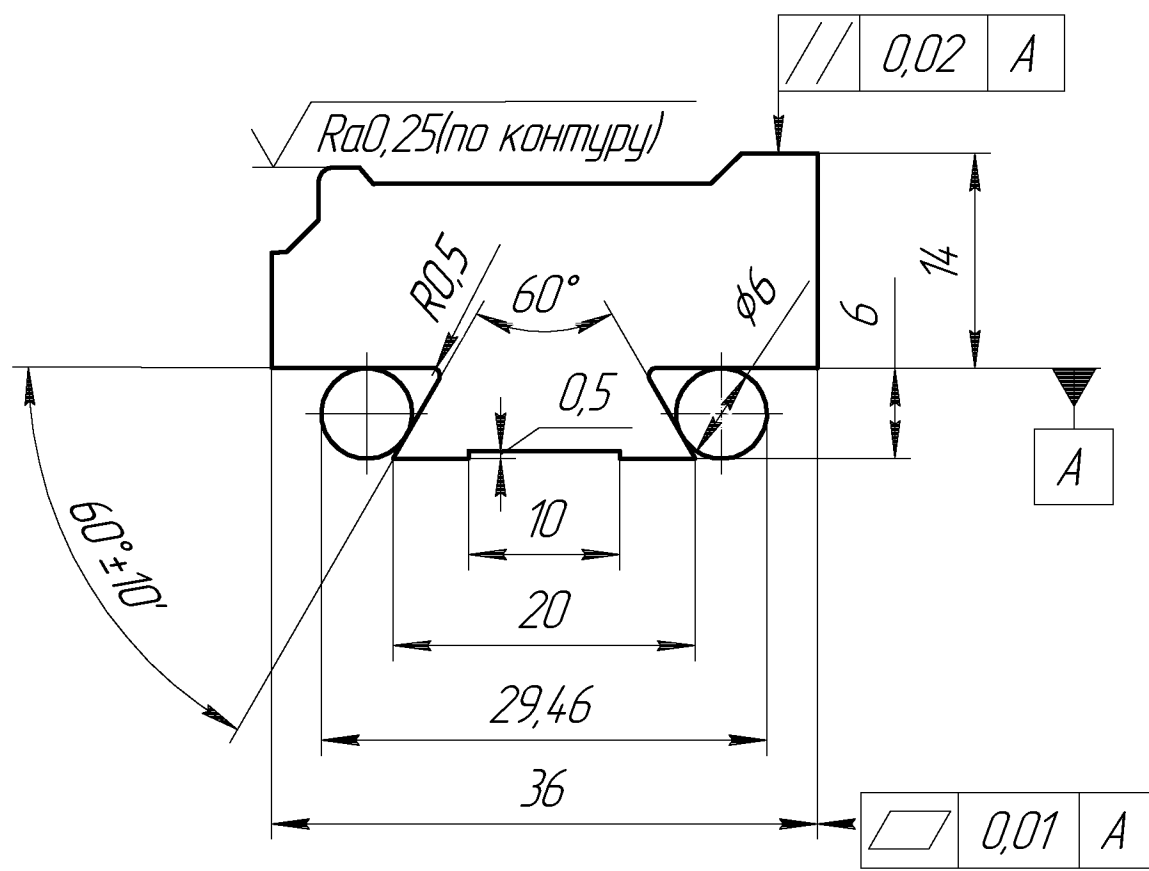
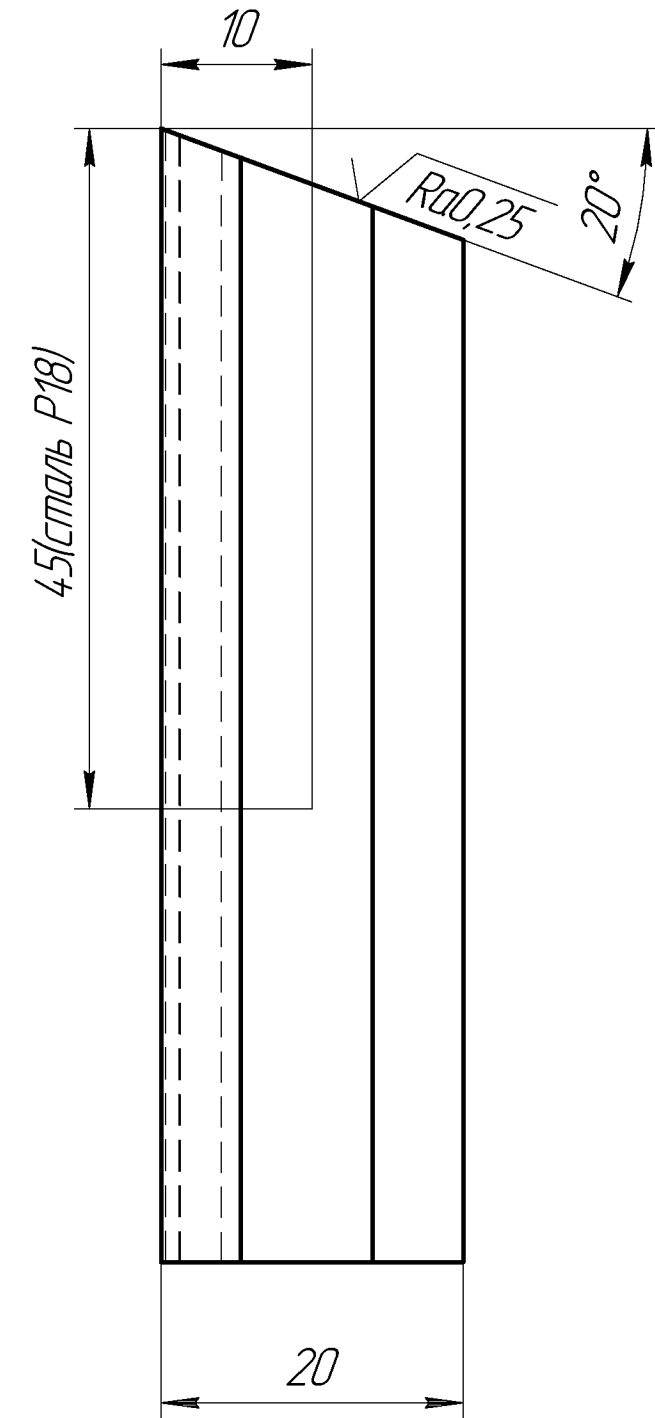
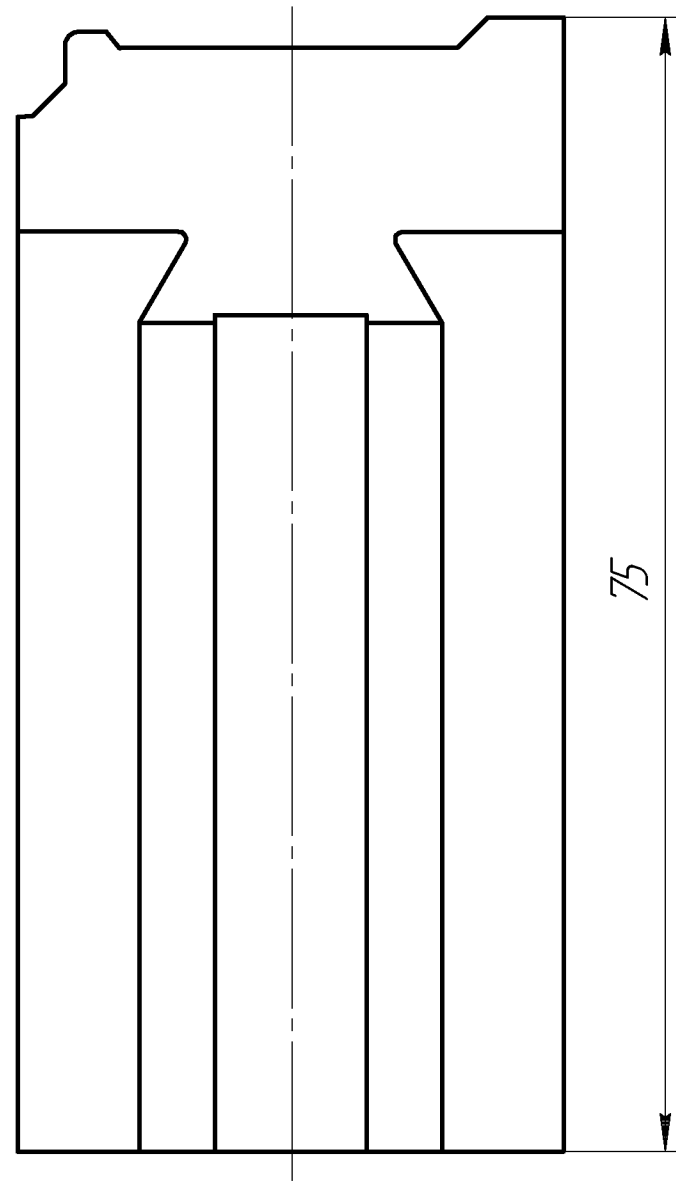
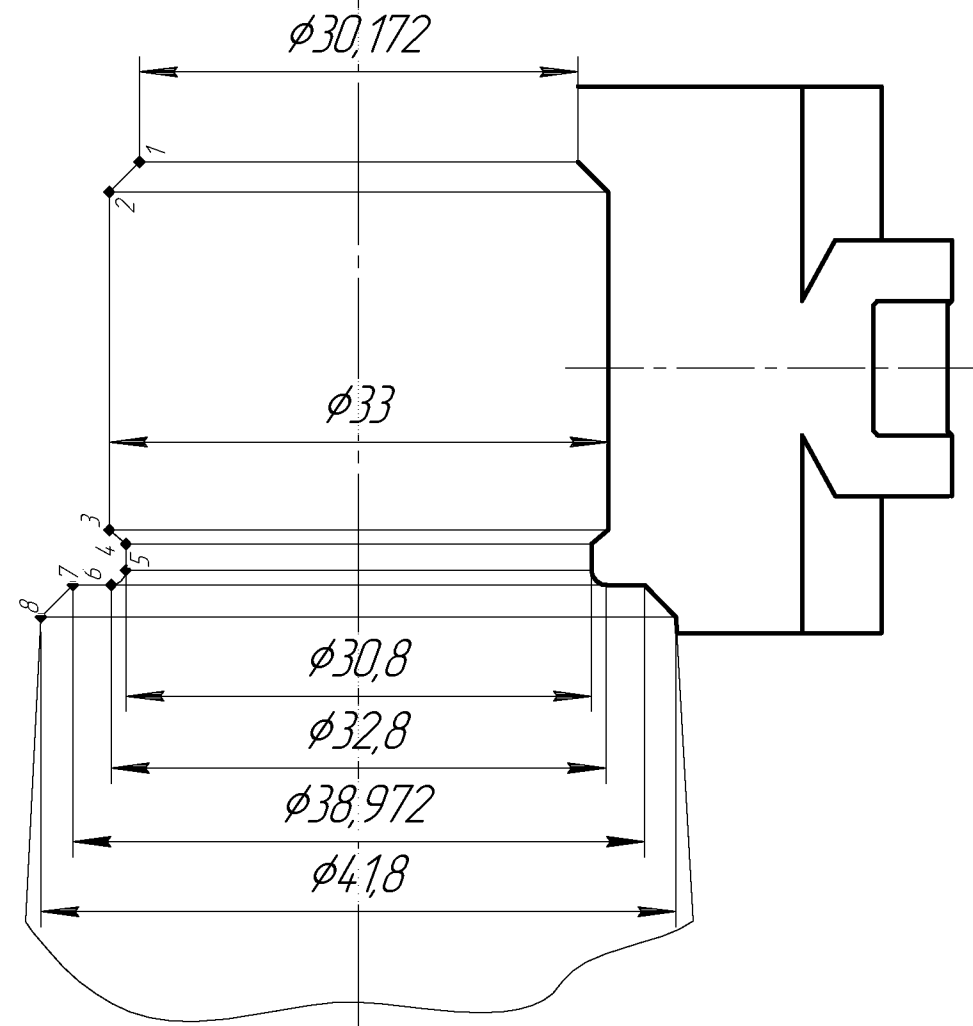
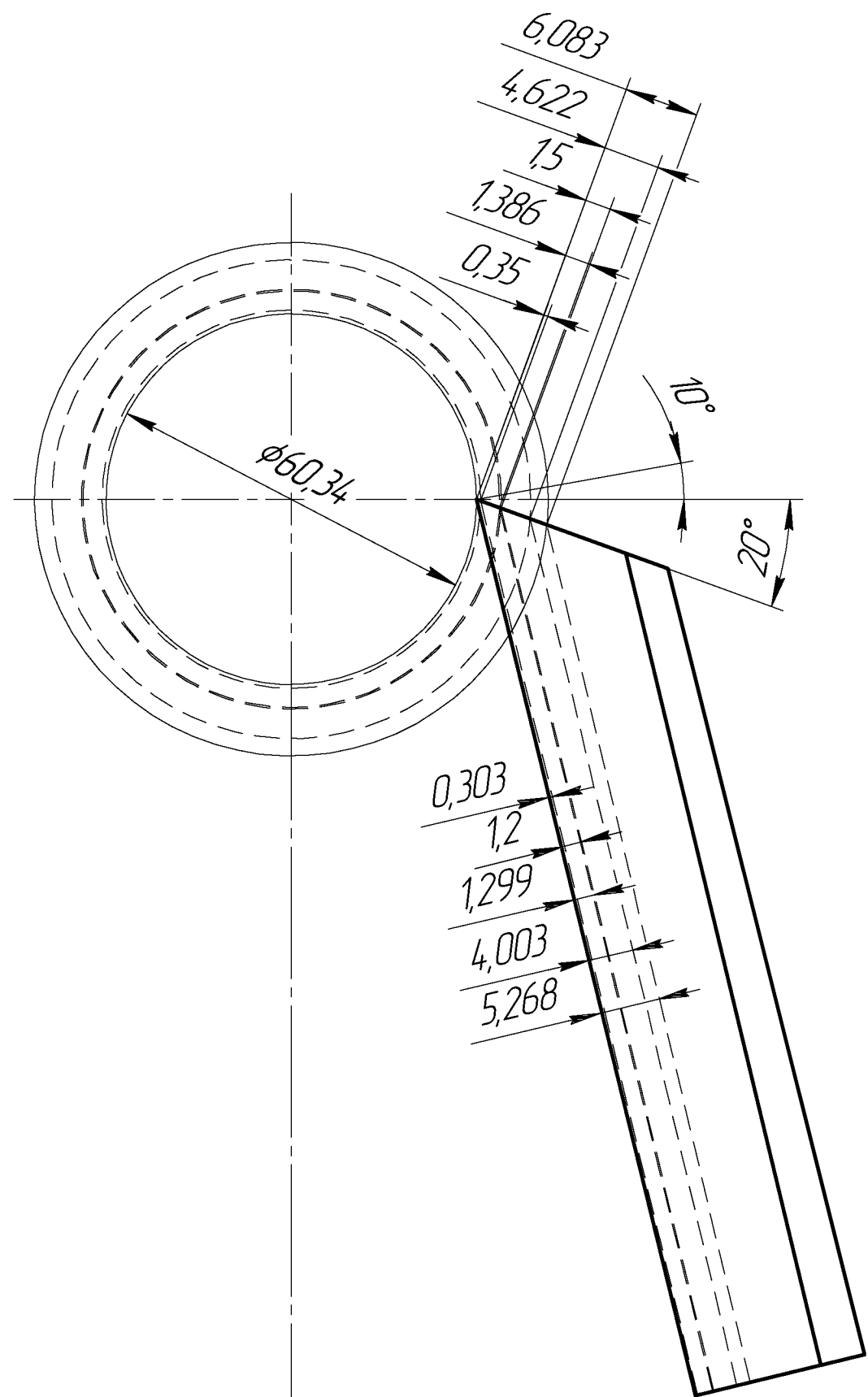


					КНУ.КБР.131.25.4-02.ВІН				
					Верстатно- інструментальне налагодження	Літ	Маса	Масштаб	
						Н		1:1	
						Лист	Листів 1		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата			Кафедра ТМ гр. ЗПМ-22ск			
Розробив	Лапаєв								
Керівник	Нечасів								
Н.контр.	Нечасів								
Затв.	Рязанцев								



1. Невказані граничні відхилення розмірів: h14; H14; ±IT14/2.

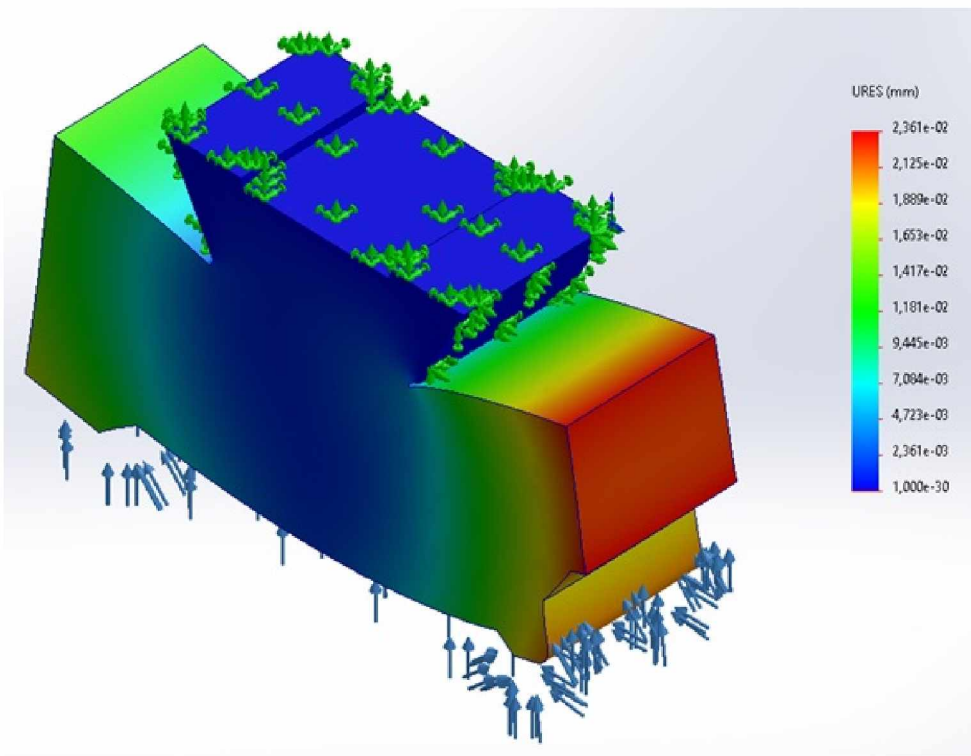
КНУ.КБР.131254-02.К				Лит	Маса	Масштаб
Кільце				Н		1:1
Сталь 38ХС ДСТУ 7806:2015				Лист	Листів	1
Кафедра ТМ гр. ЗПМ-22СК						
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Липаєв					
Керівник	Нечаєв					
Н.контр.	Нечаєв					
Затв.	Рязанцев					



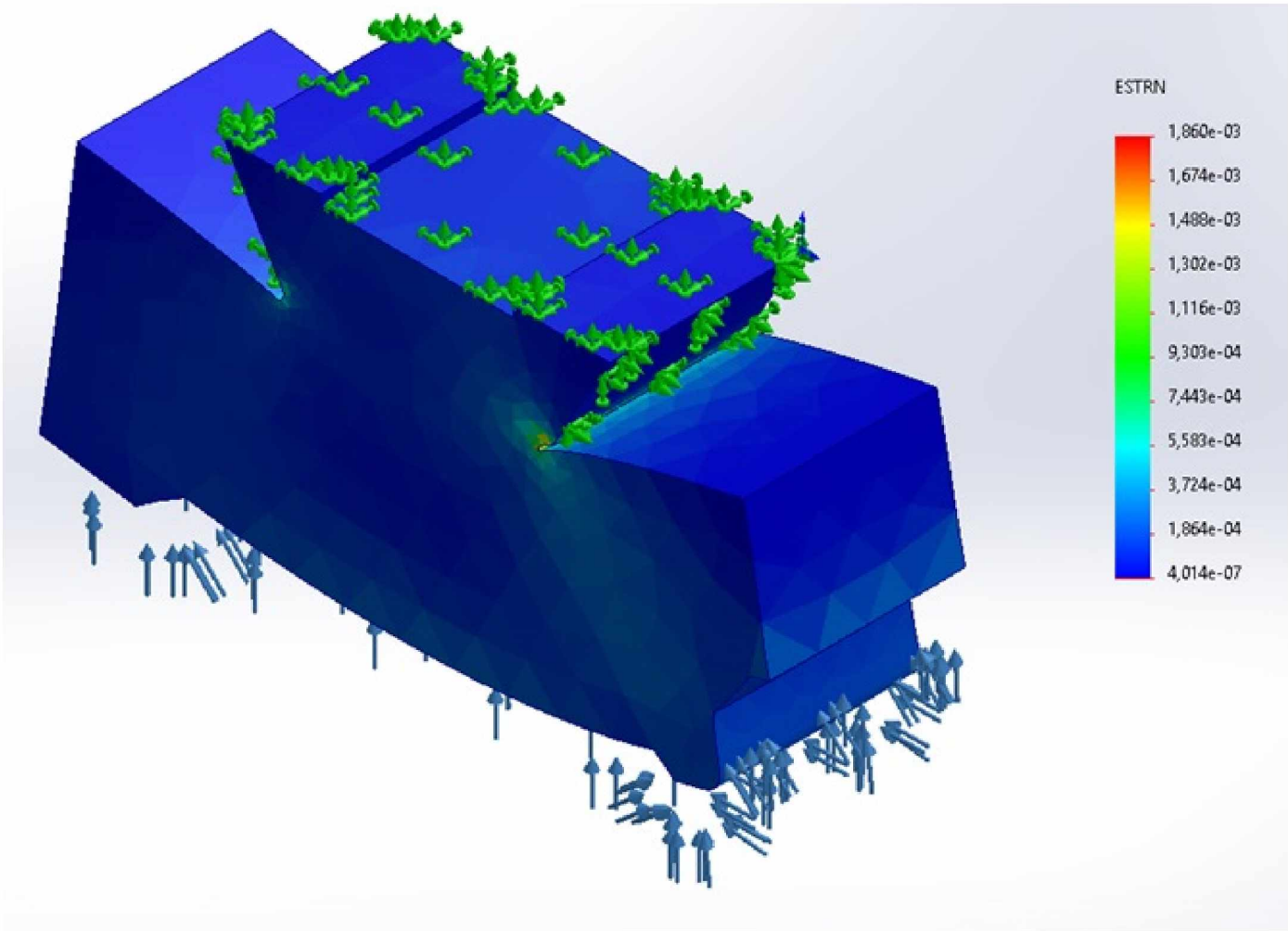
1. Матеріал корпусу різця – сталь 40Х по ДСТУ 7806:2015.
2. Матеріал ріжучої частини – швидкоріжуча сталь Р18 ISO 11054.
3. Ріжуча частина різця приварюється методом контактного стикового зварювання.
4. Твердість в ріжучій частині 62...66 HRC, у корпусу 41...46 HRC.
5. Розміри контурних точок профілю різця отриманні корекційним розрахунком з відхиленням до 0,001 мм.
6. Невказанні граничні відхилення розмірів: $\pm IT14/2$.

						КНУ.КБР.131.25.4-02.РФП			
Зм./Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Різець фасонний призматичний	Лит.	Маса	Масштаб		
					Н		1:2		
					Лист		Листів 1		
Н.контр.	Нечасів			Див. тех. вимоги	Кафедра ТМ гр. ЗПМ-22ск				
Затв.	Рязанцев								

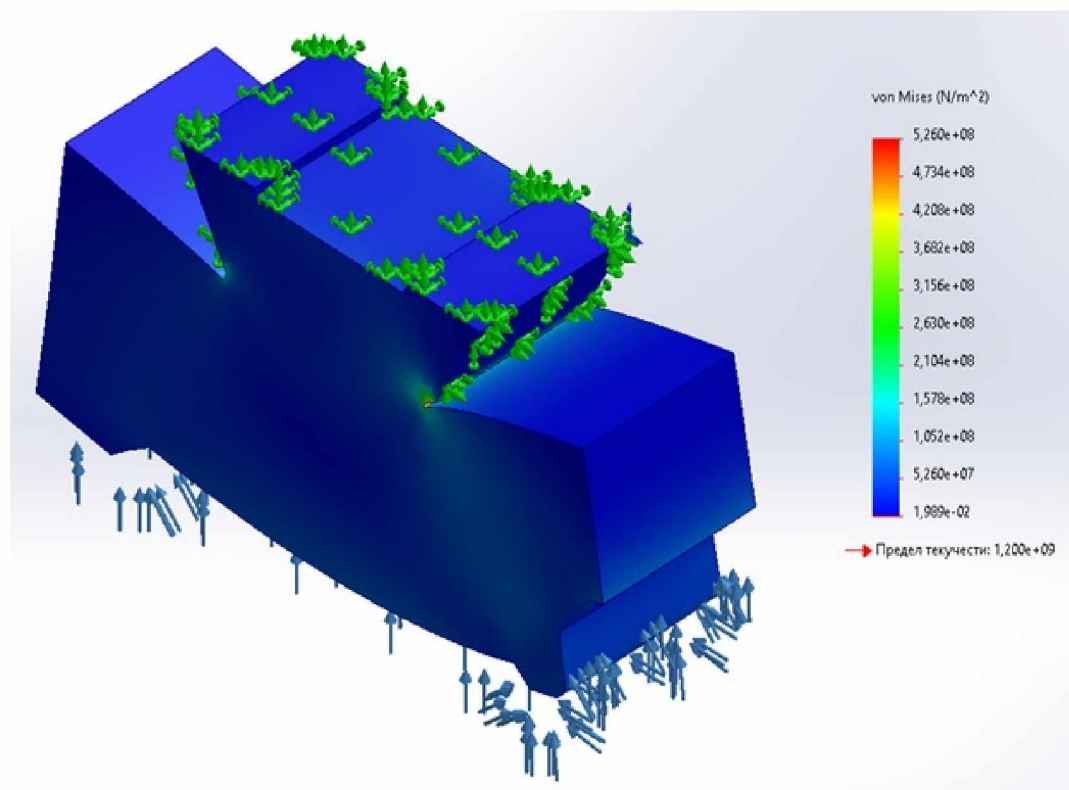
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



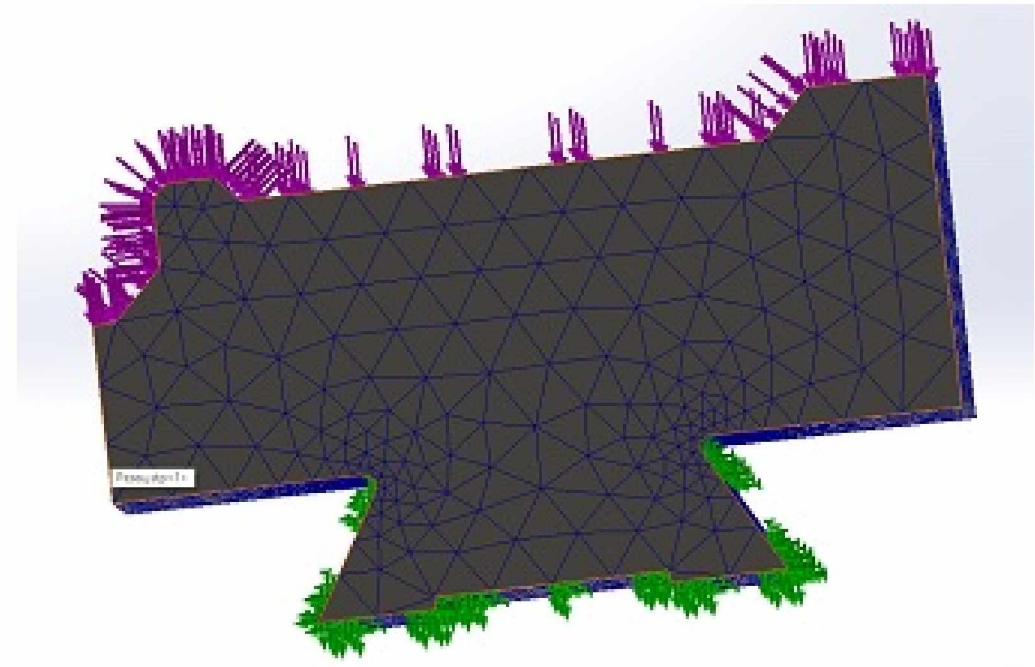
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



Сітка кінцевих елементів



КНУ.КБР.131.25.4-02.ІАСРІ					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Лапаєв				Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев				гр. ЗПМ-22ск		