

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 «Шестерня ведуча» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач  
групи ПМ-20  
Базаєв Т.П.  
Керівник випускної роботи:  
к.т.н., доцент  
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг  
2024 р.

## ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня ведуча» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Базаєв Т.П.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечасєв В.П.

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

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

---

(підпис)

---

(дата)

## **ЗАВДАННЯ** на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Базаєв Тимур Павлович

**1. Тема:** Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня ведуча» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

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

Затверджена наказом по КНУ № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** \_\_\_\_\_ р.

**3. Вихідні дані до роботи:** 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Шестерня ведуча». 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. Шестерня ведуча. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фреза черв'ячна. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

**6. Календарний план:**

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

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР

\_\_\_\_\_

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав  
здобувач освіти

\_\_\_\_\_

/Базаєв Т.П./

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание			
						Документація					
		A4		1	КНУ.КБР.131.24.1-01.ПЗ	Пояснювальна записка	52				
						Креслення					
Стр. №		A2		2	КНУ.КБР.131.24.1-01.ШВ	Шестерня ведуча	1				
		A1		3	КНУ.КБР.131.24.1-01.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1				
		A3		4	КНУ.КБР.131.24.1-01.ФЧ	Фреза черв'ячна	1				
		A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1				
		A3		6	КНУ.КБР.131.24.1-01.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1				
Підп. і дата											
Взам. інв. №											
Інв. № дубл.											
Підп. і дата											
					<b>КНУ.КБР.131.24.1-01.ВМКБР</b>						
Інв. № подл.		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Відомість матеріалів КБР</b>					
		Разрад.	Базаєв						Лит.	Лист	Листов
		Проб.	Рязанцев						Н		1
		Н.контр.	Рязанцев						Кафедра ТМ		
		Утв.	Нечаєв			гр. ПМ-20					
					Копирвал		Формат А4				

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 52 стор., 39 рисунків, 13 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: розробка оптимальної конструкторсько-технологічної схеми виготовлення шестерні ведучої шестеренного насосу, а також обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення шестерні ведучої шестеренного насосу.

Предмет дослідження – розробка конструкторсько-технологічної схеми виробництва цієї деталі та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням CAD/CAM/CAE систем.

В сучасній індустрії, особливо в області машинобудування, конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталей є важливим етапом, спрямованим на досягнення оптимальних технічних характеристик та ефективного виробництва. Однією з ключових деталей у багатьох механізмах є шестерня ведуча шестеренного насосу. Дослідження, присвячене конструкторсько-технологічній підготовці виробництва цієї деталі, є актуальним та потребує глибокого аналізу.

Шестерні ведучі відіграють важливу роль у передачі руху в шестеренних насосах, які знаходять широке застосування в гідравлічних системах, автомобільній промисловості, механічних передачах тощо. Підвищення продуктивності, надійності та ефективності таких систем потребує постійного вдосконалення деталей, включаючи шестерні ведучі. Враховуючи швидкі темпи технологічного розвитку, пошук оптимальних параметрів виготовлення шестерень стає важливим завданням для інженерів та виробників.

Аналіз, розробка та оптимізація процесу виготовлення шестерень є ключовими аспектами даного дослідження.

Під час розробки були використані елементи систем автоматизованого проектування (САПР), включаючи програмне забезпечення Solid Works та Autodesk. Було проведено інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних складових у конструкції. Цей аналіз був проведений за допомогою засобів Solid Works у модулі Simulation.

ШЕСТЕРНЯ ВЕДУЧА, ФРЕЗА ЧЕРВ'ЯЧНА, САПР, SOLID WORKS, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ВЕРСТАТИ ЧПК, ШЕСТЕРЕННІ НАСОСИ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.P</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Реферат</i>		
Розроб.		<i>Базаєв</i>					
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>	

## ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 52 pages, 63 figures, 13 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: the development of the optimal design and technological scheme for the production of the gear of the gear pump driver, as well as the substantiation of the parameters of the cutting tool using CAD/CAM/CAE systems.

The object of the study is the manufacturing process of the drive gear of a gear pump.

The subject of the research is the development of a design and technological scheme for the production of this part and justification of the parameters of the cutting tool using CAD/CAM/CAE systems.

In modern industry, especially in the field of mechanical engineering, design and technological preparation for the manufacture of parts is an important stage aimed at achieving optimal technical characteristics and efficient production. One of the key parts in many mechanisms is the drive gear of the gear pump. The research devoted to the design and technological preparation of the production of this part is relevant and requires in-depth analysis.

Gear drives play an important role in the transmission of motion in gear pumps, which are widely used in hydraulic systems, the automotive industry, mechanical transmissions, etc. Improving the performance, reliability and efficiency of such systems requires constant improvement of parts, including gear drives. Given the rapid pace of technological development, the search for optimal gear manufacturing parameters becomes an important task for engineers and manufacturers.

Analysis, development and optimization of the gear manufacturing process are key aspects of this research.

Elements of computer-aided design (CAD) systems, including Solid Works and Autodesk software, were used during development. An engineering analysis of a special cutting tool was performed to determine the critical components in the structure. This analysis was performed using Solid Works tools in the Simulation module.

DRIVE GEAR, WORM MILLER, CAD, SOLID WORKS, PRODUCTIVITY, CNC MACHINES, GEAR PUMPS.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.P</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Вибір посадки для з'єднань	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	15
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	20
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	20
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	22
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	29
3.4 Вибір типорозміру металорізальних інструментів	30
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	31
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	33
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	32
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	37
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	41
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	41
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	42
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	45
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	45
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	47
Висновки	51
Список використаних джерел	52

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.3</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Базаєв</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.					<i>Зміст</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		



## ВСТУП

Машинобудування є провідною галуззю промисловості. Рівень його розвитку визначає рівень розвитку держави на світовому рівні. Суспільство потребує постійного змiну асортименту товарів та послуг або зменшення витрат на виробництво вже існуючих. Ці потреби можуть бути задоволені шляхом нових технологічних процесів та створення нових машин.

Науково-технічний прогрес, що відбувається в нашій країні, приводить до інтенсифікації всього виробництва. Один з головних напрямків інтенсифікації виробництва є створення систем високопродуктивних машин і приладів, підвищення їхнього технічного рівня. Серед них потужні трактори та турбіни, автоматичні лінії та верстати для електрофізичних та електрохімічних методів обробки металів, обчислювальні машини, автоматизовані системи керування тощо.

В умовах сучасного виробництва росте продуктивність, економічність і надійність машин, знижується їх маса на одиницю потужності, підвищується точність виробів. Сучасне машинобудування випускає вироби з високими експлуатаційними даними при мінімальних витратах суспільної праці.

У числі основних факторів підвищення технічного рівня машинобудування велику роль грає впровадження високоефективних технологічних процесів, комплексної механізації та послідовне проведення автоматизації виробництва. Особливо важливе здійснення цих заходів у тих виробничих процесах, у яких в цей час ще використовується ручна праця, недостатні механізація й автоматизація.

На сучасному розвитку машинобудування головними засобами підвищення ефективності виробництва є автоматизація виробничого процесу.

Застосування сучасного програмного забезпечення (Solid Works, Autodesk FeatureCAM) дає змогу автоматизувати майже всі етапи проектування та скоротити час конструкторсько-технологічного проектування.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Базаєв</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

## 1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними матеріалами для написання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра є креслення для деталі під назвою «Шестерня ведуча». Об'ємна модель цієї деталі показана на рисунку 1.1.

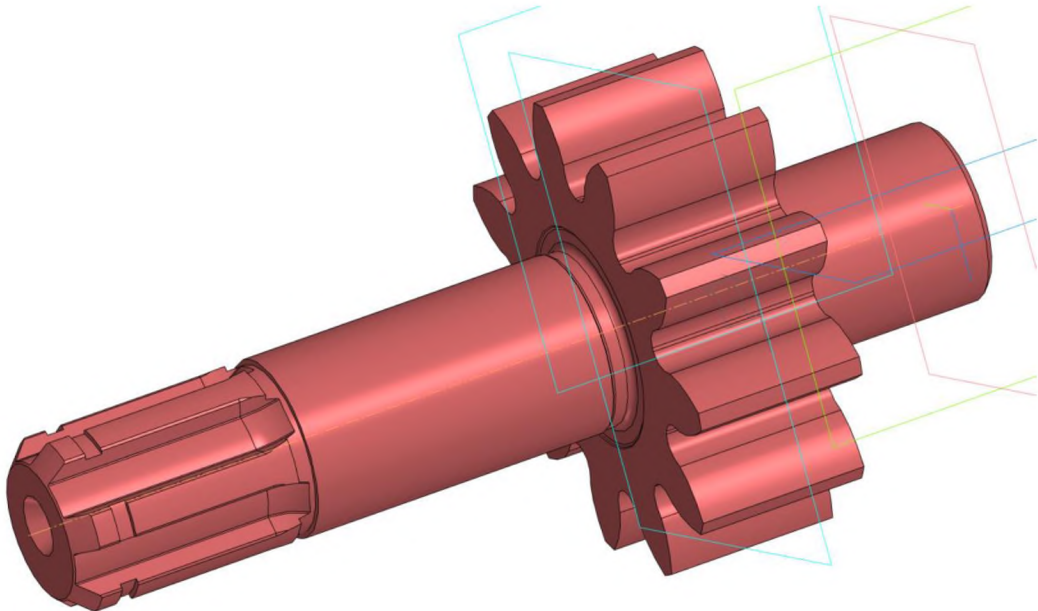


Рисунок 1.1 – Об'ємне креслення деталі «Шестерня ведуча»

Технічне завдання розроблено для визначення оптимальної конструкторсько-технологічної схеми виготовлення шестерні ведучої шестеренного насосу, а також обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Для досягнення поставленої мети роботи передбачені наступні завдання:

1. Аналіз сучасних методів виготовлення вал-шестерень.
2. Розробка конструкторсько-технологічної схеми виготовлення шестерні ведучої.
3. Визначення оптимальних параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.
4. Експериментальне підтвердження ефективності запропонованих параметрів.

Партія замовлення складає 1500 штук на рік.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.01.АСПМ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Базаєв</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Об'єктом дослідження є процес виготовлення шестерні ведучої шестеренного насосу.

Предметом дослідження є розробка конструкторсько-технологічної схеми виробництва цієї деталі та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням CAD/CAM/CAE систем.

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 «Шестерня ведуча» є складовою частиною шестеренного насосу НШ 32М серії «MASTER» (рис. 1.2). Дані насоси використовуються на тракторах: МТЗ серій 900, 800, 500, трактори 2022, 1220, 1221 та ін.

Масляний насос типу НШ 32 – це універсальний гідронасос з шестернями. Моделі НШ 32-У та НШ 32-М використовуються для передачі мінеральної олії в гідросистеми різноманітних машин та обладнання, таких як навантажувачі, трактори, сільськогосподарська, дорожня та спецтехніка, верстати, преси й інші механізми.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд шестеренного насосу НШ 32М серії «MASTER»

Основні характеристики такі: шестерний насос НШ 32-3 має продуктивність 68,6 літрів на хвилину, номінальний тиск складає 16 МПа (160 кг/см<sup>2</sup>) і 20 МПа (200 кг/см<sup>2</sup>) для НШ 32-4. Обертлова частота для НШ 32 становить 2400 обертів за

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



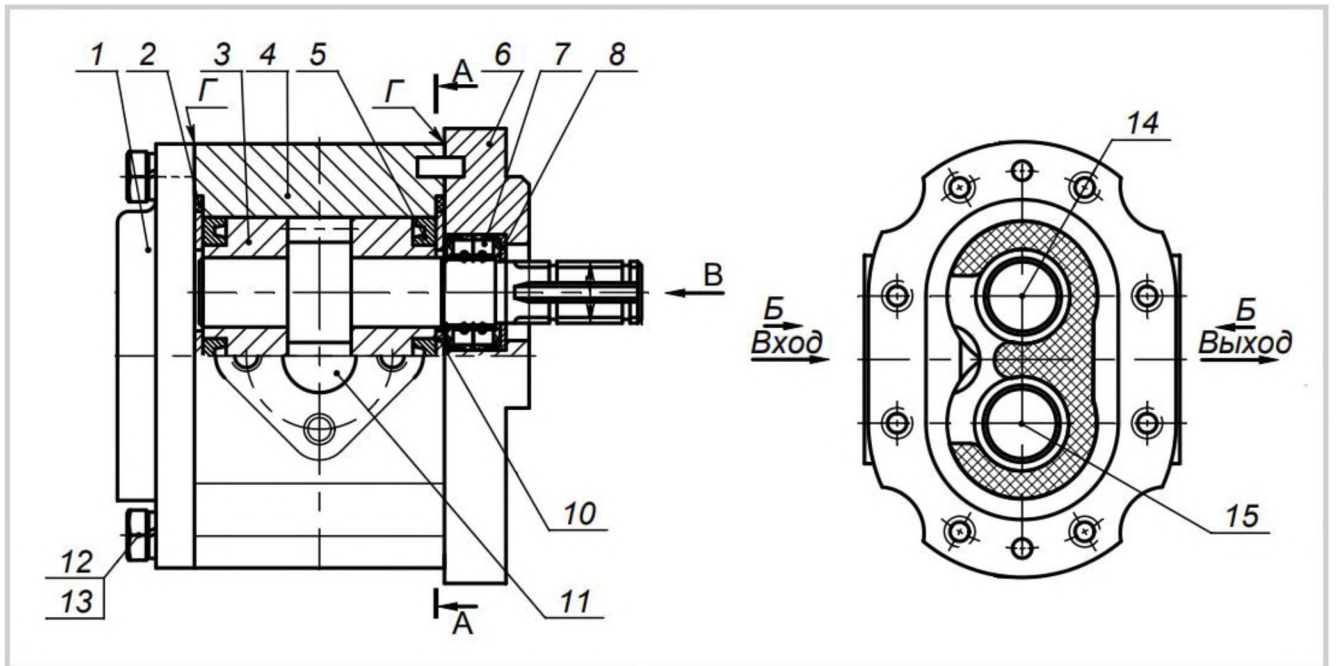


Рисунок 1.4 – Конструкція гідралічного насоса НШ 32М

### 1.3 Вибір посадки для з'єднань

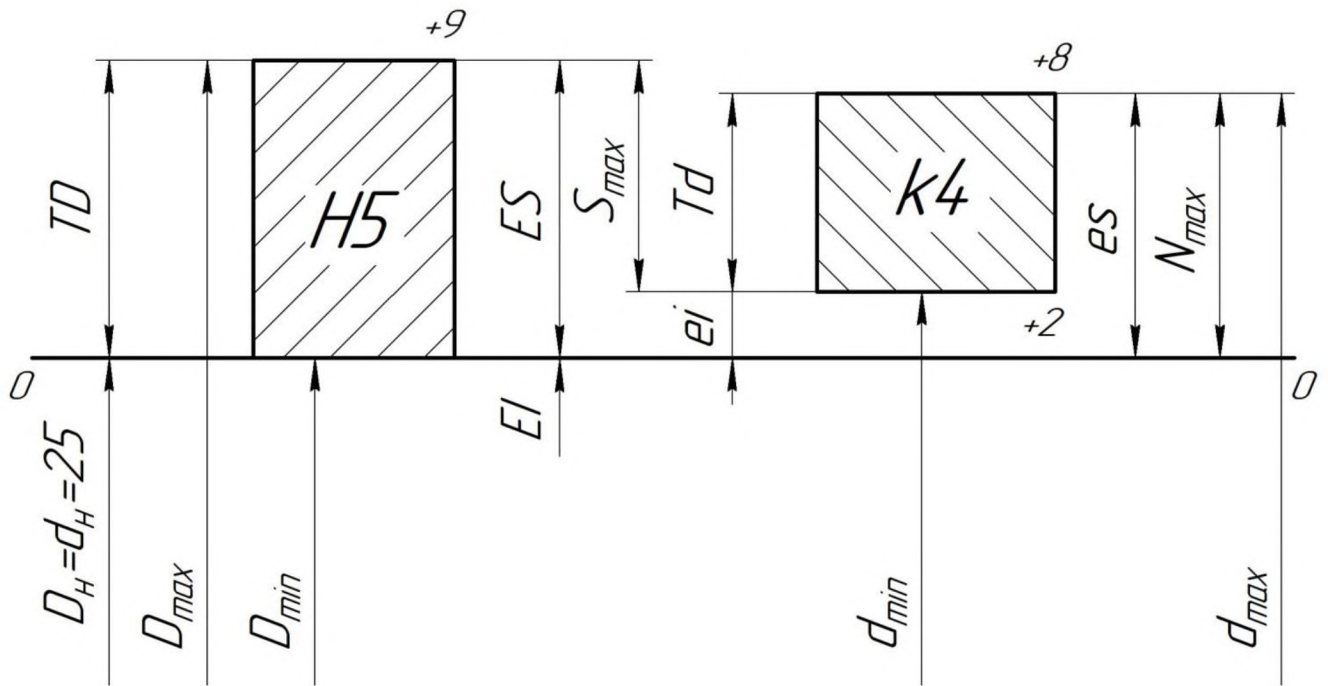
Деталь «Шестерня ведуча» має поверхню  $\text{Ø}25k4$ , вона є найточнішою, та має найнижчу шорсткість ( $Ra\ 0,16$ ). Дана поверхня з'єднується з опорною втулкою та утворює перехідну посадку. Доцільно провести розрахунок точності даного з'єднання.

З'єднання утворює посадку  $\text{Ø}25 \frac{H5}{k4}$ .

1.  $\text{Ø}25\ H5$ ;  $ES = +9\ \text{мкм}$ ,  $EI = 0\ \text{мкм}$ .  
 $\text{Ø}25\ k4$ ;  $es = +8\ \text{мкм}$ ,  $ei = +2\ \text{мкм}$ .
2.  $D_{max} = D_H + ES = 25 + 0,009 = 25,009$ .  
 $D_{min} = D_H + EI = 25 + 0 = 25$ .  
 $d_{max} = d_H + es = 25 + 0,008 = 25,008$ .  
 $d_{min} = d_H + ei = 25 + 0,002 = 25,002$ .
3.  $TD = D_{max} - D_{min} = 25,009 - 25 = 0,009$ .  
 $TD = ES - EI = 9 - 0 = 9\ \text{мкм}$ .  
 $Td = d_{max} - d_{min} = 25,008 - 25,002 = 0,006$ .  
 $Td = es - ei = 8 - 2 = 6\ \text{мкм}$ .
4.  $S_{max} = D_{max} - d_{min} = 25,009 - 25,002 = 0,007$ .  
 $S_{max} = ES - ei = 9 - 2 = 7\ \text{мкм}$ .  
 $N_{max} = d_{max} - D_{min} = 25,008 - 25 = 0,008$ .  
 $N_{max} = es - EI = 8 - 0 = 8\ \text{мкм}$ .

					КНУ.КБР.131.24.1-01.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схема полів допусків представлена на рис. 1.5. З'єднання виконано з перехідною посадкою в системі «отвір».



Рисунку 1.5 – Схема полів допусків перехідної посадки

					КНУ.КБР.131.24.1-01.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

### 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Шестерня ведуча – деталь яка є складовою шестеренного насосу з якою входить у зачеплення сполучна деталь. Заготовка для деталі «Вал-шестерня» - поковка зі Сталі 18ХГТ.

На кресленні деталі зображений головний вид у розрізі і вид збоку, проставлені всі потрібні розміри, шорсткість та допуски на відхилення, які необхідні для виготовлення деталі.

Дані про матеріал деталі приводяться у таблицях 2.1 – 2.6.

Сталь марки 18ХГТ – конструкційна легована, сталь хромомарганцова. Використовується в промисловості: покращуємі або цементуємі деталі відповідального призначення, від яких потрібна підвищена міцність і в'язкість серцевини, а також висока поверхнева твердість, що працюють під дією ударних навантажень.

Замінники: 30ХГТ, 25ХГТ, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН2М, 14ХГСН2МА, 20ХГР.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 18ХГТ (ДСТУ 7806:2015), %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
0.17 - 0.23	0.17 - 0.37	0.8 - 1.1	до 0.3	до 0.035	до 0.035	1 - 1.3	0.03 - 0.09	до 0.3

Таблиця 2.2 – Температура критичних точок матеріалу 18ХГТ, °C

$A_{c1} = 740$	$A_{c3}(A_{cm}) = 825$	$A_{r3}(A_{rcm}) = 730$	$A_{r1} = 650$	$M_n = 360$
----------------	------------------------	-------------------------	----------------	-------------

Таблиця 2.3 – Технологічні властивості матеріалу 18ХГТ

Зварюваність:	без обмежень
Флокеночутливість:	не чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості:	малосхильна

Таблиця 2.4 – Механічні властивості при  $T=20^{\circ}$  матеріалу 18ХГТ

Сортамент	$S_B$	$S_T$	$d_5$	$y$	КСУ	Термообробка
	МПа	МПа	%	%	кДж / м <sup>2</sup>	
Пруток	980	885	9	50	780	Загартовування та відпуск

Твердість матеріалу 18ХГТ після відпалу:  $HV 10^{-1} = 217$  МПа.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Базаєв</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Таблиця 2.5 – Фізичні властивості матеріалу 18ХГТ

T	E 10 <sup>-5</sup>	$\alpha$ 10 <sup>6</sup>	$\lambda$	$\rho$	C
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м <sup>3</sup>	Дж/(кг·град)
20	2.11		37	7800	
100	2.05	10	38		495
200	1.97	11.5	38		508
300	1.91	12.3	37		525
400	1.76	12.8	35		537
500	1.68	13.3	34		567
600	1.55	13.6	31		588
700	1.36		30		626
800	1.29		29		705

Таблиця 2.6 – Закордонні аналоги матеріалу 40ХН

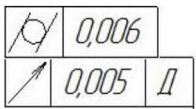
Німеччина	Франція	Китай	Болгарія	Польща	Румунія	Чехія
DIN, WNr	AFNOR	GB	BDS	PN	STAS	CSN
20MnCr5G	20MC5	20CrMnTi	18ChGT	18HGT	20TiMnCr12 21TiMnCr12q	14223

## 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Беручи до уваги остаточні вимоги до точності та якості поверхонь деталей, ми оптимізуємо процес, використовуючи послідовне застосування технологічних методів обробки. Ця комбінація гарантує досягнення запланованої якості поверхні відповідно до робочого креслення.

Послідовність етапів обробки деталі приведена в таблиці 2.7.

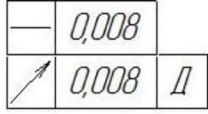
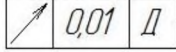

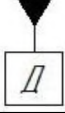

Таблиця 2.7 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки

№	Розмір, мм	Ra	IT	Етапи обробки поверхонь	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,16	136	12,5 6,3	h8	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
2	1x45°	12,5 6,3	h14	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
3,9	Ø25	12,5 6,3 3,2 0,63 0,16	k4	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування Шліфування	
4,8	Ø28	6,3 2,5	H16	Точіння напівчистове Точіння чистове	
11,14	Кут 60°	6,3	JS16	Точіння напівчистове	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
5,7	24	12,5 6,3 3,2 0,63 0,16	h8	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування Шліфування	
6	Ø54,1	12,5 6,3 3,2 1,25	s6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування	
10,13	2,4	6,3 3,2	JS16	Точіння напівчистове Точіння чистове	
12	Ø25	12,5 6,3 3,2 1,25	e9	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування	
15	3x45°	12,5 6,3	h14	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
17	2 отв. цент. R5	12,5	H12	Свердління центрувального отвору	
18	D- 6x21x25e9x5	3,2	c11	Шліцефрезерування	
19	Шестерня m=5, z=11	3,2 2,5	m6	Зубофрезерування Зубофрезерування	

### 2.3 Технічний контроль робочого креслення

Креслення деталі «Шестерня ведуча» виконано в масштабі 2:1 та включає в себе: головний вид; вид зліва; переріз Г-Г на якому показані більш детально шліци деталі; види А (масштаб 10:1), Б (5:1), В (5:1) на яких показані в збільшеному вигляді канавки. Необхідна інформація про зубчастий вінець міститься в таблиці. На кресленні проставлені всі необхідні розміри з вказанням полів допусків та шорсткості поверхонь. Невказана шорсткість складає Ra 12,5. Додатково є технічні вимоги до деталі, проставлені необхідні позначення з допусками на відхилення форми поверхонь.

### 2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Враховуючи різноманітність та зміст технологічних методів обробки поверхонь, ми визначимо найпідходящі типи металорізального обладнання.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На токарні операції обираємо верстат GA-2000 (рис. 2.1).  
Фрезерні операції виконуються на верстатах ЛФ360Ф3 та 5350А.  
Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті 3А151.



Рисунок 2.1 – Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК GA-2000

Таблиця 2.8 – Технічні можливості GA-2000

Параметри	Значення
1	2
Максимальний діаметр встановлюваного виробу, мм	580
Максимальний діаметр точіння, мм	350
Максимальна довжина точіння, мм	624
Максимальна вага встановлюваного виробу, кг	170
Діаметр патрону, дюйм	Ø8"
Максимальний діаметр прутка, мм	Ø51
Шпиндель	
Отвір в трубі-тяги, мм	Ø52
Отвір у шпинделі, мм	Ø66
Діаметр підшипників шпинделя, мм	Ø100
Гідроциліндр, дюйм	8"
Торець шпинделя	A2-6
Модель двигуна приводу шпинделя	Fanuc alpha iP22 / 6000
Потужність двигуна приводу шпинделя, кВт	11 (номінал) / 15 (30 хв) / 18 (пікова)
Передача двигуна-шпинделю	Ремінна
Передаточне відношення	4 : 5
Діапазон швидкостей обертання шпинделя, об/хв	48-4800
Обертний момент на шпинделі (const. / 30 хв), Н*м	175 / 238

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КБР.131.24.1-01.02.ТПВД

Арк.

Продовження таблиці 2.8

1	2
<b>Дворежимний привід</b>	
Діапазони швидкостей обертання шпинделя (Low), об/хв	20-1200
Діапазони швидкостей обертання шпинделя (High), об/хв	1201-4800
Обертний момент на шпинделі (15 хв) Low, Н*м	360
Обертний момент на шпинделі (30 хв) High, Н*м	238
<b>Співвідношення</b>	
Модель двигуна	AC Servo Motor 0,7 кВт, Fanuc alpha 2 / 5000i
Обертний момент, Н*м / максимальна швидкість, об/хв	240 / 33
<b>X, Z Вісі</b>	
Максимальна величина переміщення по вісі X, мм	205 (може змінюватися)
Максимальна величина переміщення по вісі Z, мм	350
Швидке переміщення по вісях X/Z, м/хв	20 / 24
Тип направляючих (ковзання)	Загартовані, шліфовані, коробчатого типу
Діапазон робочих передач, мм/мин	1-4800
Двигун приводу вісі X, кВт	AC 2,7
Двигун приводу вісі Z, кВт	AC 2,7
Діаметр, мм / крок КГП по вісі X	Ø32 / крок 6
Діаметр, мм / крок КГП по вісі Z	Ø36 / крок 10
Зусилля (Const.) по вісям X / Z, кг	962
<b>Револьверна головка</b>	
Кількість позицій револьверної головки	12 стандартно (10 опціонально)
Двигун приводу (обертання барабану)	Електропривід (AC Servo Motor)
Швидкість зміни інструменту, сек	0,2 з'єднання позиції / 0,5 поворот на 180°
Точність позиціонування / повторюваність	± 0, 00069° / ± 0, 00027°
Перетин державки інструменту, мм	25*25
Максимальний діаметр хвостовика вісі інструменту, мм	Ø40
<b>Револьверна головка з приводом інструменту</b>	
Кількість позицій револьверної головки	12
Кількість приводних позицій револьверної головки	12

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-01.02.ТПВД

Арк.

Продовження таблиці 2.8

1	2
Двигун приводу інструменту	4,5 кВт, 22 Н*м, електропривід
Швидкість зміни інструменту, сек	0,2 сусідні позиції/ 0,5 поворот на 180°
Перетин державки інструменту, мм	25x25
Максимальний діаметр хвостовика осьового інструменту, мм	Ø40
Типорозмір цанги приводного інструмента	ER32
Діапазон швидкостей обертання, об/хв	40 – 4 000
Задня бабка	
Тип конуса пінолі	КМ4 (вбудований обертовий вузол)
Діаметр пінолі / хоїд пінолі, мм	Ø 70 / 150
Переміщення задньої бабки, мм	550
Програмоване переміщення пінолі / корпусу задньої бабки	Да
Уловлювач готових деталей (опціонально)	
Максимальний діаметр деталі, мм	Ø77
Максимальна довжина деталі, мм	150
Загальні дані	
Точність позиціонування / повторюваність, мм	± 0, 005 / ± 0, 003
Стандартна (базова) система ЧПУ	Fanuc Oi-T
Напруга / потужність	От АС 200/220 + 10% до 15% 3-фазний / 26 кВт
Ємність бака гідростанції, л.	30
Ємність бака МОР, л.	200
Вага нетто, кг	4 000

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

#### 3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Згідно з сучасними методами обробки поверхонь конкретної деталі, ми вибираємо інструменти для металорізання. Для кожної із поверхонь цієї деталі ми підбираємо відповідний інструмент та створюємо його ескіз. Отримані дані вносяться у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату	Тип інструменту
1	2	3	4
1	Підрізка торцю	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
2	Точіння фаски	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
3	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
		Верстат круглошліфувальний універсальний напівавтомат 3A151	Шліфувальне коло
4	Точіння канавки	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластинкою для нарізання канавок
5	Підрізка торцю зубчатого вінця	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
		Верстат круглошліфувальний універсальний напівавтомат 3A151	Шліфувальне коло

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>					
Розроб.	<i>Базаєв</i>							Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	<i>Рязанцев</i>									
Реценз.								<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.	<i>Рязанцев</i>									
Зав. каф.	<i>Нечаєв</i>									

## Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
6	Точіння зовнішньої поверхні	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
7	Підрізка торцю зубчатого вінця	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
		Верстат кругло-шліфувальний універсальний напівавтомат 3A151	Шліфувальне коло
8	Точіння канавки	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластинкою для нарізання канавок
9	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПК моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
		Верстат кругло-шліфувальний універсальний напівавтомат 3A151	Шліфувальне коло
10	Точіння канавки	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тристоронньою пластинкою для нарізання канавок
11	Точіння фаски	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тристоронньою пластинкою
12	Точіння зовнішньої циліндричної поверхні шліців	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
13	Точіння фаски	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тристоронньою пластинкою для нарізання канавок
14	Точіння канавки	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тристоронньою пластинкою для нарізання канавок

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
15	Точіння фаски	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
16	Підрізка торцю	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною
17	Розсвердлювання центрального отвору R5	Горизонтальний токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000	Свердло центровочне
18	Фрезерування шліцьових канавок	Верстат шліцефрезерний горизонтальний напівавтомат 5350А	Черв'ячна фреза шліцьова
19	Фрезерування зубів шестерні	Спеціалізований вертикально-фрезерний двошпindelний верстат ЛФ360Ф3	Черв'ячна фреза

## 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Вибір інструментів виконуємо за каталогом фірми Sumitomo [2] та Dolfamex [3]. Обираємо групу матеріалів в залежності від марки матеріалу деталі – 5 група.

Вибираємо тип інструменту [2, с. В2-В3].

Враховуючи технологічну характеристику верстату, перетин інструменту буде 25x25. Для заданого різця вибираємо пластину, стружколом та матеріал покриття [2, с. А2-А9]. Вибір здійснюємо в залежності від якості оброблюваної поверхні.

Сторінка [2, с. В2], тип стружколома: чорнова обробка – MU; напівчистова обробка – GU; чистова обробка – LU.

Матеріал покриття: чорнова обробка – AC830P; напівчистова обробка – AC820P та AC530U; чистова обробка – AC810P.

Хід вибору параметрів інструменту за каталогом фірми Sumitomo для різців:

1) Виконуємо огляд додатку [2, с. В69] – Різець прохідний (з ламаною трикутною пластинкою,  $\varphi=95^\circ$ ). Пластина - WN, державка – DWLNL.

2) Для прохідного різця обираємо державку DWLNL2525M08 з наступними параметрами [2, с. С27]:  $h=25$  мм;  $b=25$  мм;  $L_1=150$  мм;  $f=32$  мм;  $h_1=25$  мм;  $L_2=32$  мм;  $\gamma_0 = -6^\circ$ ;  $\lambda = -6^\circ$ .

D – система зажиму – подвійний зажим;

W – форма пластини – ламана трикутна пластина  $80^\circ$ ;

L – тип державки –  $\varphi=95^\circ$ ;  $\varphi_1=95^\circ$ ;

N – задній кут пластини –  $0^\circ$ ;

L – напрямок подачі – лівостороння;

25 – висота хвостовика;

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







Рисунок 3.1 – Різець для зовнішньої обробки з ламаною трикутною пластиною

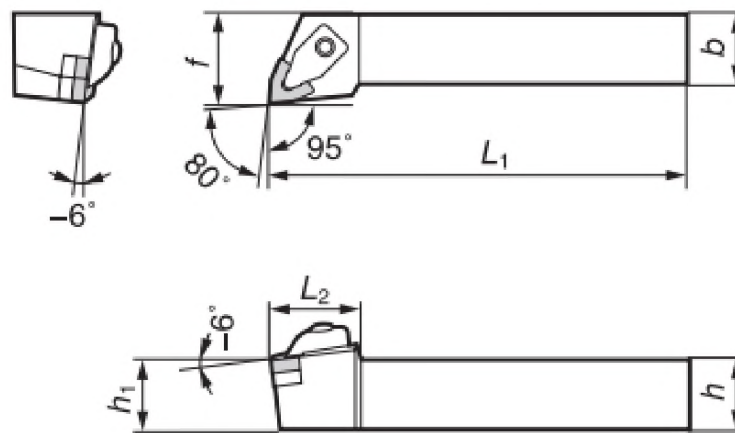


Рисунок 3.2 – Державка для ламаних трикутних пластин

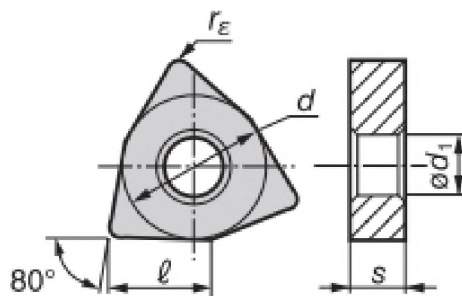


Рисунок 3.3 – Загальний вид пластин групи WNMG



Рисунок 3.4 – Ламана трикутна пластина для чернкової обробки  
WNMG080408L-MU AC830P

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 – Ламана трикутна пластина для напівчистої обробки  
WNMG080408L-GU AC820P



Рисунок 3.6 – Ламана трикутна пластина для чистої обробки  
WNMG080408L-LU AC810P



Рисунок 3.7 – Різець для зовнішньої обробки з ромбічною пластиною

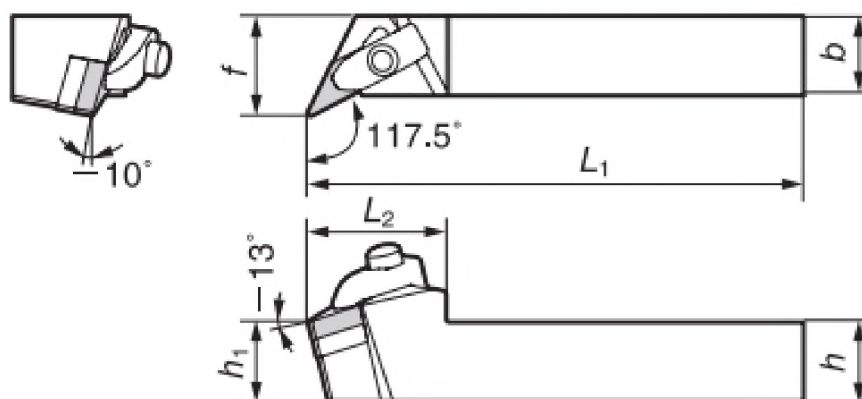


Рисунок 3.8 – Державки для ромбічних пластин

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

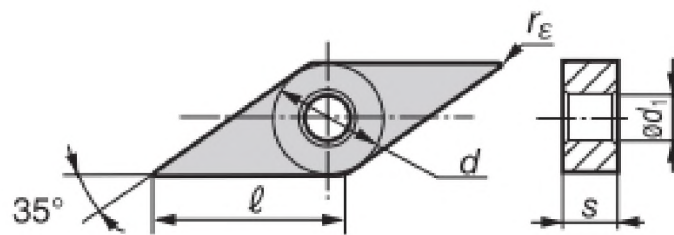


Рисунок 3.9 – Загальний вид пластин групи VNMG



Рисунок 3.10 – Ромбічна пластина для напів чистової обробки VNMG160404L-GU AC820P



Рисунок 3.11 – Різець для зовнішньої обробки канавок з трикутною пластиною

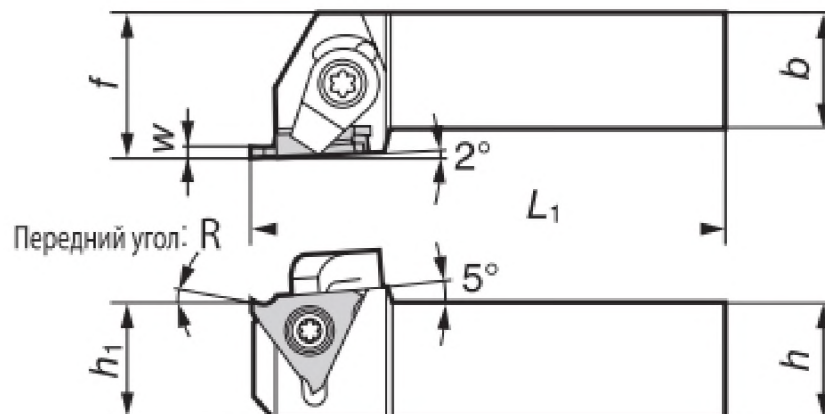


Рисунок 3.12 – Державки для трикутних пластин

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

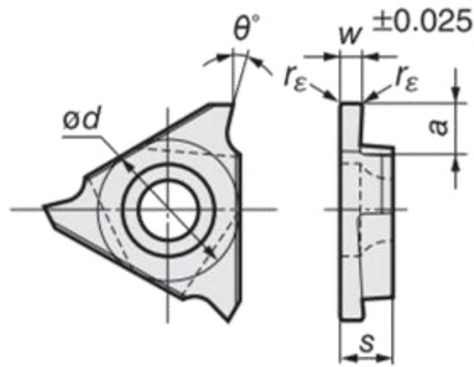


Рисунок 3.13 – Загальний вид пластин групи TGA

Рисунок 3.14 – Трикутна пластина для напів чистової обробки  
TGAL3200-BF AC530U

За каталогом Dolfamex [3, с. 57] знаходимо свердло центрувальне типу R з наступними параметрами:

$D=5$  мм;  $d=12,5$  мм;  $L=63\pm 3$  мм;  $l_{\min}=13,2$  мм;  $R=16\pm 3,5$  мм.

HSS – матеріал свердла;

003708 – код інструменту.

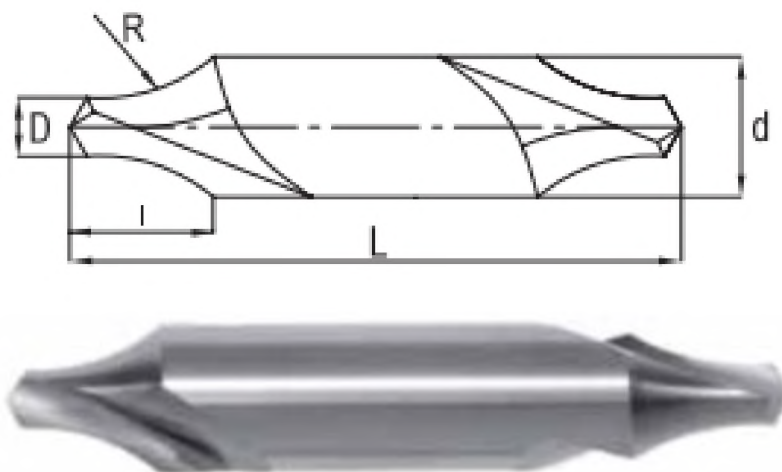


Рисунок 3.15 – Свердло центрувальне HSS 003708, типу R

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1, 2, 15, 16	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною	Для чорнової обробки – AC830P Стружколом – MU	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ$ $\gamma_0=-6^\circ$ $\lambda=-6^\circ$
3, 5, 6, 9, 7, 12	Різець з механічним кріпленням з тригранною пластиною	Для чорнової обробки – AC830P Стружколом – MU	Сталь конструкційна 50	$\varphi=95^\circ$ $\gamma_0=-6^\circ$ $\lambda=-6^\circ$
		Для напівчистої обробки – AC820P Стружколом – GU		
		Для чистої обробки – AC810P Стружколом – LU		
4, 8	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластинкою для нарізання канавок	Для напівчистої обробки – AC820P Стружколом – GU	Сталь конструкційна 50	$\varphi=117,5^\circ$ $\gamma_0=-10^\circ$ $\lambda=-13^\circ$
		Для чистої обробки – AC820P Стружколом – GU		
10, 13	Різець з механічним кріпленням з тристоронньою пластинкою для нарізання канавок	Для напівчистої обробки – AC530U Стружколом – BF	Сталь конструкційна 50	$\theta=15^\circ$ $\gamma_0=-10^\circ$ $\lambda=-13^\circ$
		Для чистої обробки – AC530U Стружколом – BF		
11, 14	Різець з механічним кріпленням з тристоронньою пластинкою для нарізання канавок	Для напівчистої обробки – AC530U Стружколом – BF	Сталь конструкційна 50	$\theta=15^\circ$ $\gamma_0=-10^\circ$ $\lambda=-13^\circ$

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
17	Свердло центровочне	Для чорнової обробки – HSS	Сталь молібденова HSS типу МЗ (Р6М5Ф3)	D=5 R=16±3,5 l <sub>min</sub> =13,2
18	Черв'ячна фреза шліцьова	Для чистової обробки – Р6М5Ф3 без покриття	Сталь інструментальна швидкорізальна Р6М5Ф3	
19	Черв'ячна фреза	Для чорнової обробки – Р6М5Ф3 без покриття	Сталь інструментальна швидкорізальна Р6М5Ф3	
		Для чистової обробки – Р6М5Ф3 без покриття		

### 3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з прийнятих типів інструментів вибираються найбільш навантажені умови роботи (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата і режимів різання) укрупнено визначаються сили різання. Прийнятий інструмент перевіряється на твердість і міцність для найбільш навантажених умов обробки:

Різець – розрахунок державки на міцність і твердість. Розміри поперечного перетину корпусу різця обирають в залежності від сили різання, матеріалу корпусу, вильоту різця та інших факторів. Корпус з квадратною формою перерізу краще чинить опір складному вигину.

Розміри державки: 25×25

$h \times b = 1$

Матеріал деталі – Сталь 18ХГТ;

$\sigma_B = 800 \text{ МПа}$  ( $\approx 80 \text{ кгс/мм}^2$ );

D=53,1мм;

S<sub>0</sub>=1,0мм/об;

l=60мм;

1. Матеріал корпусу різця – вуглецева сталь 50 з  $\sigma_B = 650 \text{ МПа}$  ( $\approx 65 \text{ кгс/мм}^2$ ) та допустимим напруженням на вигин  $\sigma_{и.д} = 200 \text{ МПа}$  ( $\approx 20 \text{ кгс/мм}^2$ ).

2. Головна складова сили різання розраховується за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_{pz} \cdot t^{X_{pz}} \cdot S_0^{Y_{pz}} \cdot V^{n_{pz}} \cdot K_{pz} \quad (3.1)$$

Пластина Т15К6, глибина різання  $t=3 \text{ мм}$ , подача різця  $S_0=1,0 \text{ мм/об}$ ; швидкість головного руху різання  $V=110 \text{ м/хв}$  ( $\approx 1,8 \text{ м/с}$ ). Геометричні елементи:  $\varphi=95^\circ$ ;  $\varphi_1=15^\circ$ ;  $\alpha=6^\circ$ ;  $\gamma=10^\circ$ ;  $C_{pz}=300$ ;  $X_{pz}=1$ ;  $Y_{pz}=0,75$ ;  $n_{pz}=1$  – загальний поправочний коефіцієнт.

					КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 3^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 110^{-0,15} \cdot 1 = 4446,65 \text{ Н} \approx 4500 \text{ Н} (\approx 450 \text{ кгс})$$

3. Ширину  $b$  квадратного поперечного перерізу корпусу різця визначають за формулою:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{\text{и.д.}}}} \quad (3.2)$$

Підставивши значення, що маємо у формулу (3.2), отримаємо допустимий переріз корпусу різця для заданих параметрів:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 4500 \cdot 60}{29}} \approx 20,08 \text{ мм}$$

Отже, обрана форма і розмір державки витримують навантаження на міцність і твердість.

### 3.4 Вибір типорозміру металорізальних інструментів

Враховуючи характеристики поверхонь для монтажу верстатів для різальних інструментів і параметри монтажних поверхонь для самого інструменту, ми визначимо відповідні типи допоміжних пристроїв згідно з міжнародними стандартами для кожного вибраного різального інструменту. Цю інформацію ми систематизуємо у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру інструментів за каталогами фірми Sumitomo та Dolfamex

№ пов.	Найменування інструмента	Основні розміри інструмента	Матеріал різальної частини	Шифр інструмента
1	2	3	4	5
1-3; 5-7; 9; 12; 15; 16	Різець прохідний з пластинами тригранної форми з твердого сплаву	25×25×150	Для чорнової обробки – AC830P Стружколом – MU	Державка: DWLNL 2525M08 Пластина – WNMG080408L- MU AC830P
			Для напівчистої обробки – AC820P Стружколом – GU	Пластина – WNMG080408L- GU AC820P
			Для чистої обробки – AC810P Стружколом – LU	Пластина – WNMG080408L- LU AC810P
18	Черв'ячна фреза шліцьова	6×21×25	Сталь інструментальна Швидкоріжуча P6M5	
19	Черв'ячна фреза	$d_{a0}=140$ ; $d=50$ ; $d_1=75$ ; $l=140$ ; $l=5$	Сталь інструментальна швидкоріжуча P6M5	

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
4; 8	Різець прохідний з пластинами ромбічної форми з твердого сплаву	25×25×150	Для напівчистої обробки – AC820P Стружколом – GU	Державка: DWLNL 2525M08 Пластина – VNMG160404L-GU AC820P
			Для чистої обробки – AC820P Стружколом – GU	Пластина – VNMG160404L-GU AC820P
10; 11; 13; 14	Різець відрізний з тристоронньою пластинкою для нарізання канавок	25×25×150	Для напівчистої обробки – AC530U Стружколом – BF	Державка: GWCL2525-3 Пластина – AC530U
			Для чистої обробки – AC530U Стружколом – BF	Пластина – AC530U
17	Свердло центровочне	D=5; d=12,5; L=63±3; l <sub>min</sub> =13,2; R=16	Сталь молібденова HSS типу M3 (P6M5Ф3)	HSS 003708

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

Розробку інструментального налагодження проводимо на токарну операцію. Операції проводимо на верстаті з ЧПК MAZAK Slant Turn 20 ATC.

Інструментальний комплекс складається за даними таблиць та 3.2-3.3.

Допоміжний інструмент обираємо за каталогом фірми ІПЛЕН інжиніринг «Допоміжний інструмент до токарних верстатів з ЧПК».

По каталогу обираємо комбінований різцетримач – Форма D2, із зовнішнім підводом ЗОР.

Таблиця 3.4 – Параметри різцетримача

Параметри									
D	B1	B3	H1	H3	H4	L1	L2	α	Позначення
30	35	41	20	28	38	42	60	-	D1- 30x20

При виконанні токарних операцій, вал встановлюється в самоцентрованому трьохкулачковому патроні з механічним зажимом і упором в торець та в обертаючому центрі з нерухомим люнетом.

Дані занесено в таблицю 3.5.

					КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



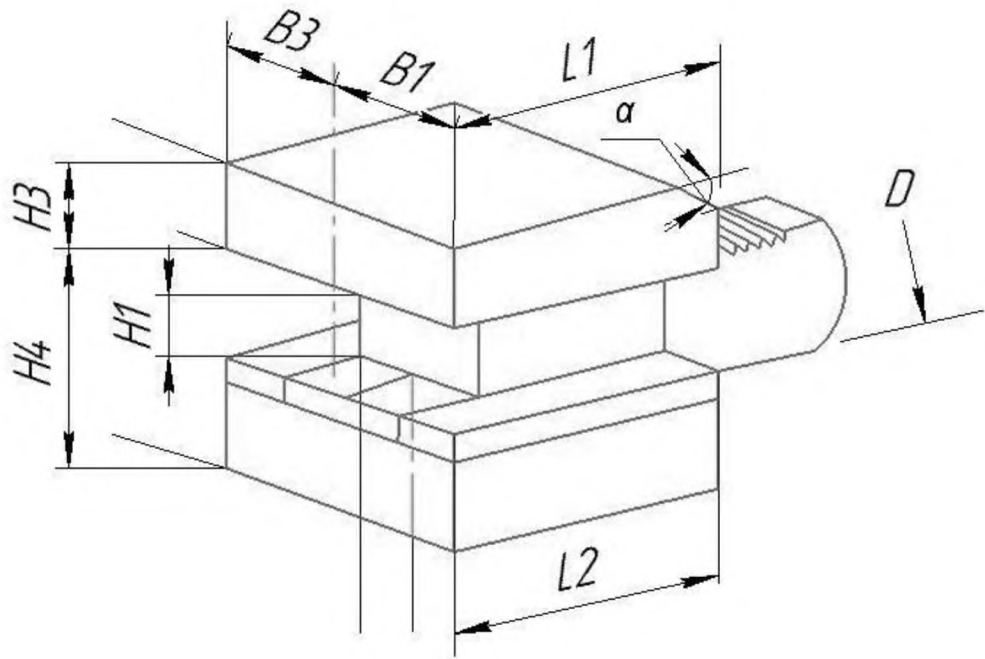


Рисунок 3.16 – Комбінований різцетримач форми D1

Таблиця 3.5 – Вибір допоміжного інструменту

№ пов.	Металорізальний верстат (тип, модель)	Тип ріжучого інструменту (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (шифр інструменту) за міжнародними стандартами
1-16, 18, 21	MAZAK Slant Turn 20 ATC	DSSN R2020S2509	Різцетримач радіальний короткий, тип D1: 309.55.20 D1-30x20
17	MAZAK Slant Turn 20 ATC	GNDL L2020K - 320	Різцетримач радіальний короткий, тип D1: 309.55.20 D1-30x20
19, 20	MAZAK Slant Turn 20 ATC	GNDL R2020K – 320	Різцетримач радіальний короткий, тип D1: 309.55.20 D1-30x20

					<i>КНУКБР.131.24.1-01.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

### 4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та обраних типів ріжучого інструменту, виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – черв'ячної зуборізної фрези.

Геометричні параметри та характеристики беремо за ISO 2490:2007.

Вихідні дані:

- $m_0=10$ ;
- Ступінь точності колеса – 8-B
- Тип конструкції фрези – 1
- Кут зачеплення  $\alpha_\omega=20^\circ$
- Матеріал заготовки колеса – сталь 40XH
- $\sigma_B=207$  МПа
- Верстат – Фрезерний верстат з ЧПК ARES SEIKI R 6030

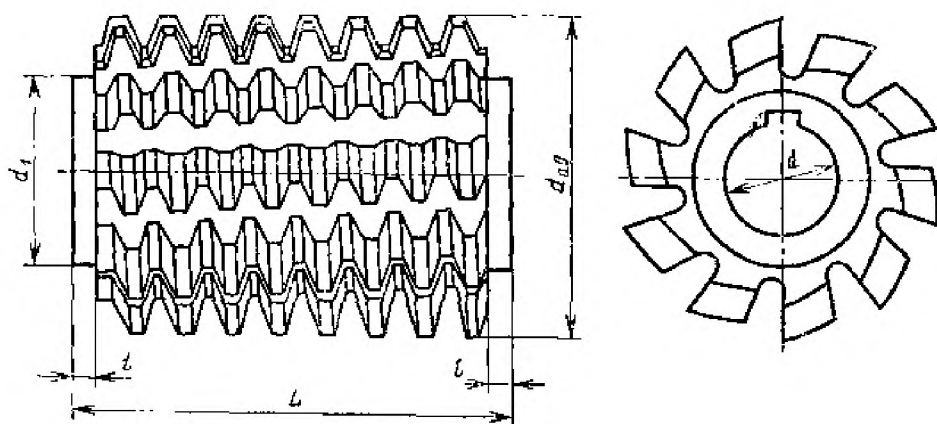


Рисунок 4.1 – Основні конструктивні розміри фрези

1. За ISO 2490:2007, табл. 1 обираємо фрезу 2510-4079 із модулем  $m_0=3$  (ряд1), зовнішнім діаметром  $d_{a0}=112$  мм, діаметром буртика  $d_1=60$  мм, шириною буртиків  $l=5$  мм, кількістю зубів (число стружкових канавок)  $z_0=19$ .

Розраховуємо основні конструктивні розміри фрези.

Зовнішній діаметр фрези:

$$D_{eu} \geq 2H_k + 2p + d, \quad (2.1)$$

де  $H_k$  – глибина канавки;

$d$  – діаметр посадочного отвору фрези;

$p$  – розмір тіла корпусу фрези, який приймається рівним  $0,25-0,3d$ .

<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Базаєв</i>		
Перевір.		<i>Рязанцев</i>		
Реценз.				
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>		
<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>				



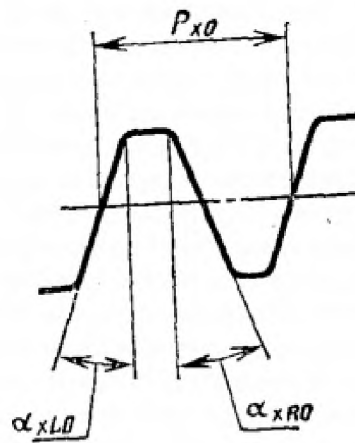


Рисунок 4.3 – Розмір профілю зубів в осьовому перетині

Величина затилування дорівнює:

$$k = \frac{\pi \cdot D_{eu}}{z_u} \cdot \operatorname{tg} \alpha_e, \quad (4.5)$$

де  $\alpha_e$  – величина заднього кута в перерізі, перпендикулярному до осі фрези, який є рівним  $10^0$ - $12^0$ . Приймаємо  $\alpha_e = 10^0$ ;

$z_u$  – кількість зубів фрези, яка рівна 19 за ISO 2490:2007.

$$k = \frac{3,14 \cdot 112}{19} \cdot \operatorname{tg} 10^0 = 3,26 \text{ мм.}$$

Повна висота профілю зубів фрези:

$$h_u = h'_u + h''_u, \quad (4.6)$$

де  $h'_u$  – висота головки зуба фрези;

$h''_u$  – висота ніжки зуба фрези з урахуванням зазору.

Висота головки зуба фрези:

$$h'_u = 1,25m - \Delta y \cdot m, \quad (4.7)$$

де  $\Delta y$  – коефіцієнт, який приймаємо рівним  $0,103$ ;

$m$  – модуль нарізованого зуба.

$$h'_u = 1,25 \cdot 3 - 0,103 \cdot 3 = 3,441 \text{ мм.}$$

Висота ніжки зуба фрези з урахуванням зазору:

$$h''_u = 1,25m, \quad (4.8)$$

$$h''_u = 1,25 \cdot 3 = 3,75 \text{ мм.}$$

Отже повна висота профілю зубів фрези:

$$h_u = 3,441 + 3,75 = 7,191 \text{ мм.}$$

Виконуємо розрахунок глибини канавки черв'ячної фрези за формулою (4.4):

$$H_k = 7,191 + 3,26 + 2 = 12,451 \text{ мм.}$$

Виконуємо перевірку за формулою (4.1):

$$112 \geq 2 \cdot 14,71 + 2 \cdot 10 + 40 = 90 \text{ мм.}$$

Так як діаметр фрези розрахунковий не перевищує стандартний прийнятий, то робимо висновок, що всі вище розраховані величини прийняті правильно.

					КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довжину фрези розраховуємо за формулою:

$$L = 2 \left[ \frac{h_1}{\sin 2\alpha_u} (1 + \sin^2 \alpha_u) + S_u \right], \quad (2.9)$$

$$L = 2 \cdot \left[ \frac{7,5}{0,342} (1 + 0,117) + 4,85 \right] = 108 \text{ мм}.$$

За ISO 2490:2007 приймаємо довжину фрези 112 мм.

Розраховуємо висоту нарізованого зуба за формулою:

$$h_1 = 2,25m - \Delta y \cdot m, \quad (2.10)$$

$$h_1 = 2,25 \cdot 3 - 0,103 \cdot 3 = 6,4 \text{ мм}.$$

Товщина зуба фрези в залежності від зміщення вираховується за формулою:

$$S_u = S_{u_{исх}} + 2 \cdot \xi \cdot m \cdot \operatorname{tg} \alpha_o, \quad (2.11)$$

де  $S_{u_{исх}}$  – вихідна товщина зуба по ділильному колу.

Вихідна товщина зуба по ділильному колу вираховується:

$$S_{u_{исх}} = \frac{\pi \cdot m}{2} - \Delta S_u, \quad (2.12)$$

де  $\Delta S_u$  – потовщення зубів, яке приймаємо рівним 0,214 [3, с.651].

$$S_{u_{исх}} = \frac{3,14 \cdot 3}{2} - 0,214 = 4,49 \text{ мм}.$$

$$S_u = 15,49 + 2 \cdot 0,503 \cdot 3 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 18 \text{ мм}$$

Визначаємо розміри профілю зубів у нормальному перерізі

Крок профілю зуба у нормальному перерізі:

$$P_{n0} = \pi \cdot m \cdot z_s, \quad (2.13)$$

де  $z_s$  – кількість заходів фрези.

$$P_{n0} = 3,1416 \cdot 3 \cdot 1 = 9,42 \text{ мм}.$$

Товщина зуба у нормальному перерізі визначається за формулою:

$$S_{n0} = P_{n0} - S_u, \quad (2.14)$$

$$S_{n0} = 9,42 - 4,49 = 4,93 \text{ мм}.$$

Визначаємо розміри профілю зубів в осьовому перерізі.

Осьовий крок:

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_m}, \quad (2.15)$$

де  $\gamma_m$  – передній кут, який дорівнює  $5^\circ$  для чорнової фрези.

$$P_{x0} = \frac{9,42}{\cos 5^\circ} = 13,32 \text{ мм}.$$

За довідником приймаємо наступні значення задніх кутів:

правий задній кут –  $\alpha_{np} = 20^\circ 10'$ , лівий задній кут –  $\alpha_n = 19^\circ 57'$ .

Середній розрахунковий діаметр визначаємо за формулою:

$$d_{ср.розр.} = D_{eu} - 2h'_u - 2 \cdot \sigma \cdot k, \quad (2.16)$$

де  $\sigma$  – коефіцієнт, який приймається в межах 0,1–0,25. За ISO 2490:2007 приймаємо  $\sigma = 0,15$ .

					КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{\text{ср.розр.}} = 112 - 2 \cdot 3,75 - 2 \cdot 0,2 \cdot 3,26 = 103,2 \text{ мм.}$$

Кут підйому гвинтової лінії витка:

$$\sin \gamma = \frac{m \cdot z_s}{d_{\text{ср.розр.}}}, \quad (2.17)$$

$$\sin \gamma = \frac{3 \cdot 1}{103,2} = 0,03$$

Кут підйому гвинтової лінії витка дорівнює куту нахилу стружкових канавок:

$$\gamma = \lambda = 1^{\circ}72'.$$

Розраховуємо хід гвинтової стружкової канавки:

$$P_z = \pi \cdot d_{\text{ср.розр.}} \cdot \text{ctg} \gamma, \quad (2.18)$$

$$P_z = 3,14 \cdot 103,2 \cdot \text{ctg} 1^{\circ}72' = 17822,64 \text{ мм.}$$

Радіус закруглення на головці зуба фрези визначається за формулою:

$$\rho_{\text{eu}} = \frac{C}{1 - \sin \alpha_0},$$

де  $C$  – зазор, який рівний  $0,25m$ .

Отже радіус закруглення буде рівний:

$$\rho_{\text{eu}} = \frac{0,25 \cdot 3}{1 - \sin 20^{\circ}} = 0,4 \text{ мм.}$$

#### 4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для більш детального розуміння працездатності розробленого різального інструменту ми виконали аналіз за допомогою програмного забезпечення SolidWorks Simulation, використовуючи метод кінцевих елементів. Початкові дані наведено на рисунку 4.1.

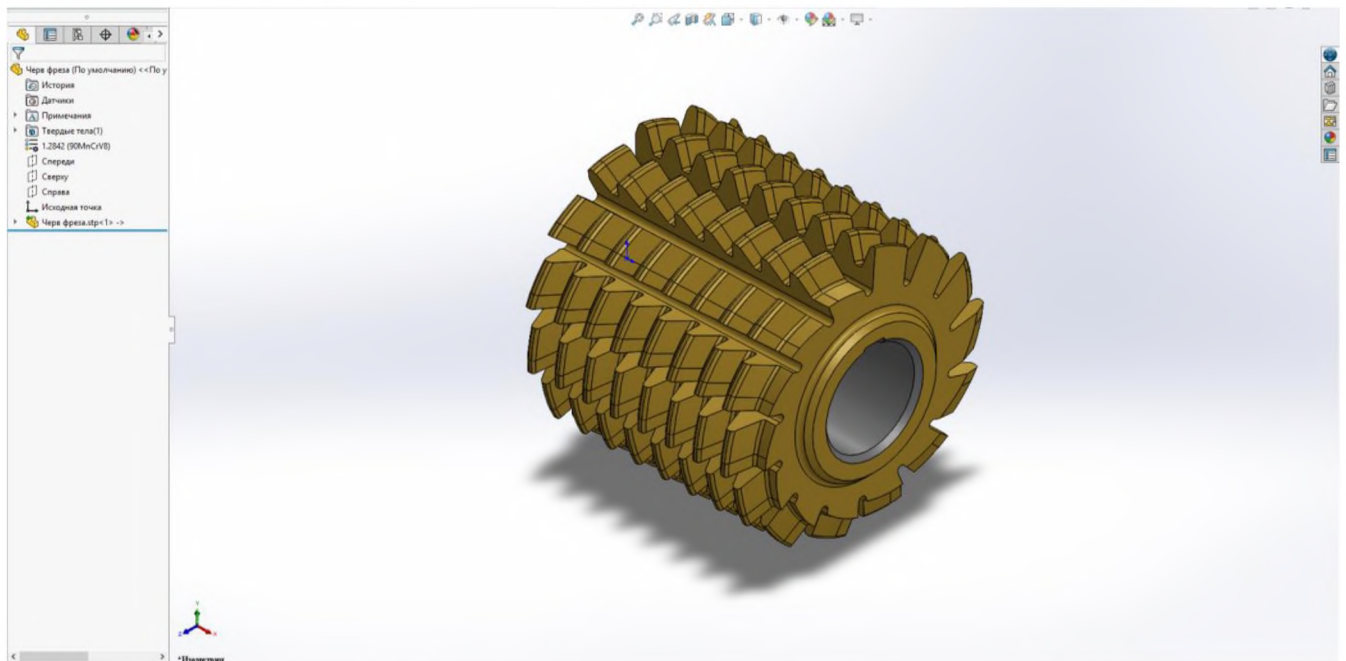


Рисунок 4.1 – 3D модель черв'ячної фрези у SolidWorks

					КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У програмі було зафіксовано положення інструменту та його передбачений рух під час обробки, як показано на рисунку 4.2.

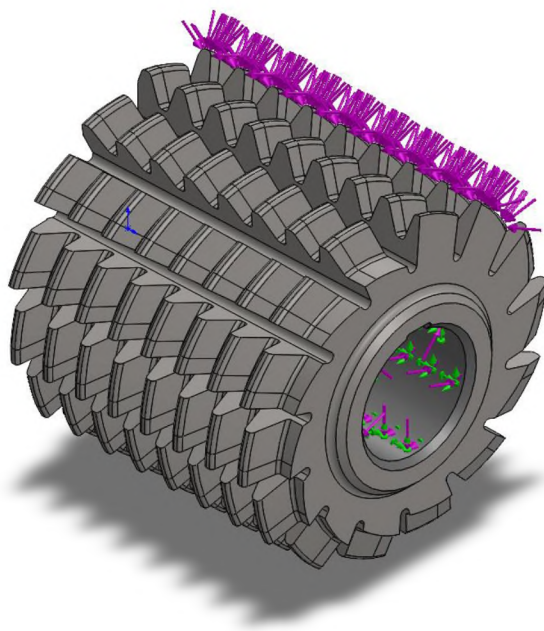


Рисунок 4.2 – Прикладення сил та фіксація інструменту для розрахунку

Після введення початкових даних було створено сітку кінцевих елементів, яка представлена на рисунку 4.3.

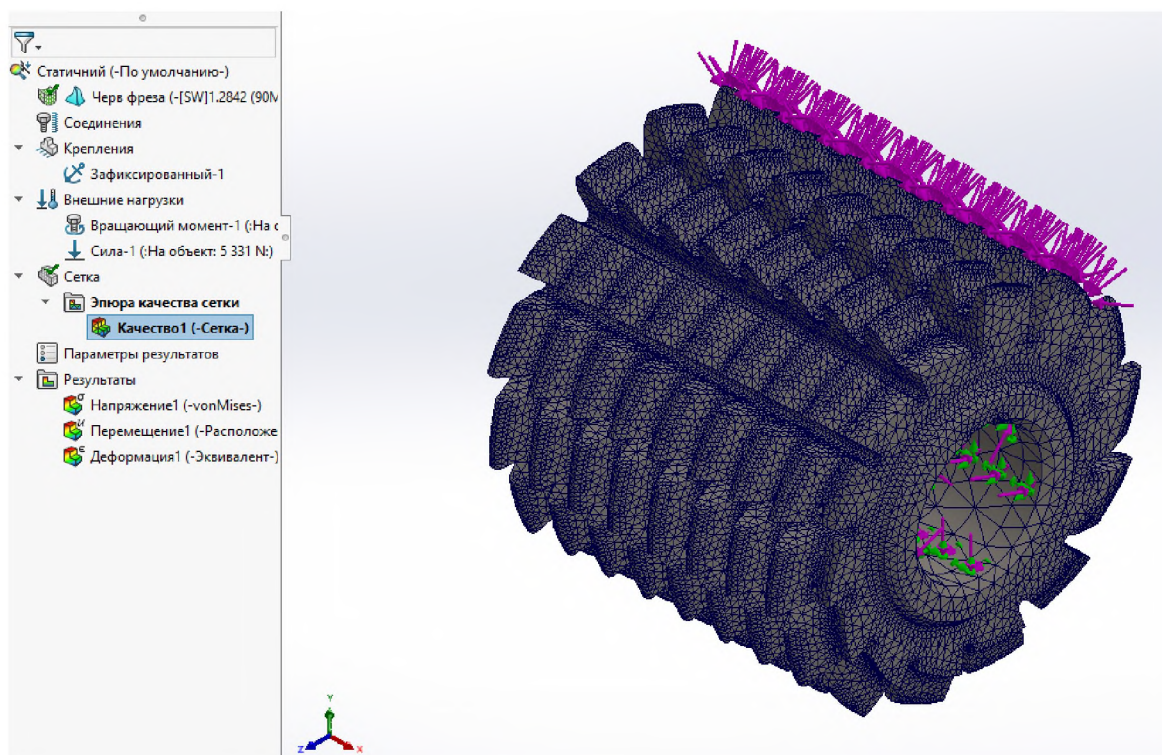


Рисунок 4.3 – Сітка кінцевих елементів черв'ячної фрези

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ

Арк.

Після запуску симуляції ми отримали епюри, показані на рисунках 4.4-4.6. На симуляції «Напруження» ми визначили зони, де ріжуча частина інструменту піддається певному тиску та як це впливає на геометрію фрези (рисунок 4.4). Симуляція «Переміщення» дозволила спостерігати зміщення ріжучої кромки відносно її початкового стану (рисунок 4.5), а симуляція «Деформація» показала можливі деформації ріжучої частини інструменту у зонах, які піддаються силовим навантаженням під час різання (рисунок 4.6).

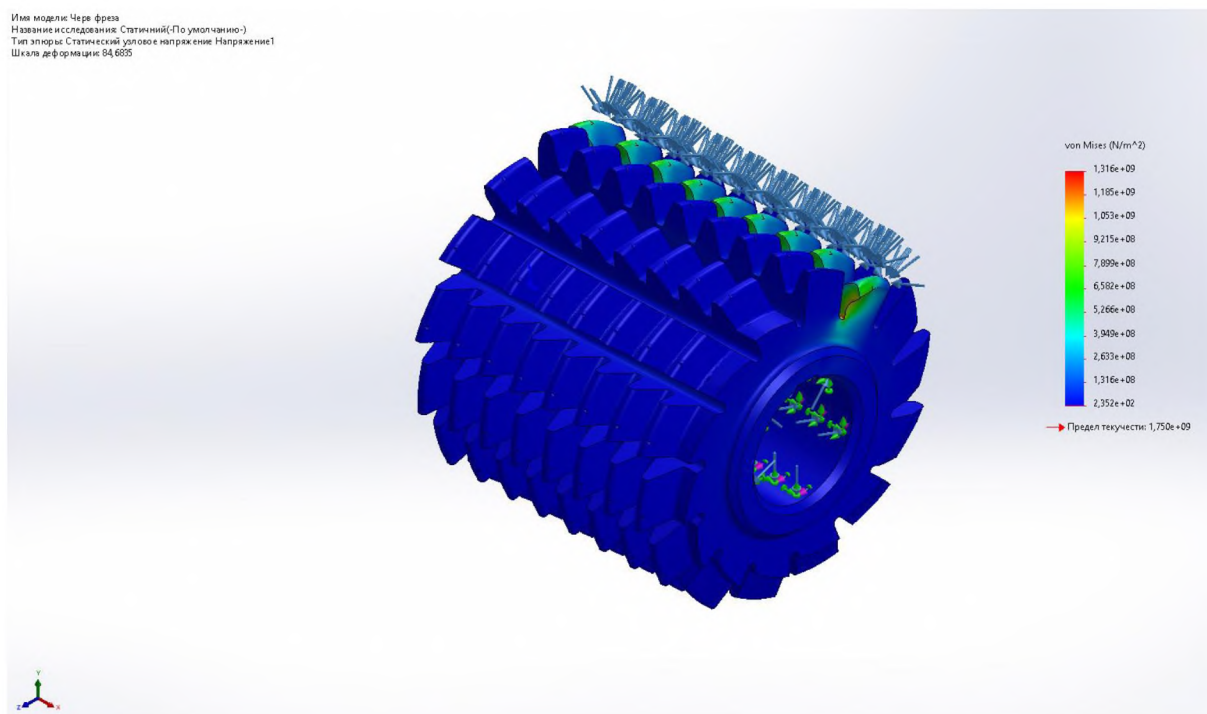


Рисунок 4.4 – «Напруження» SolidWorks Simulation

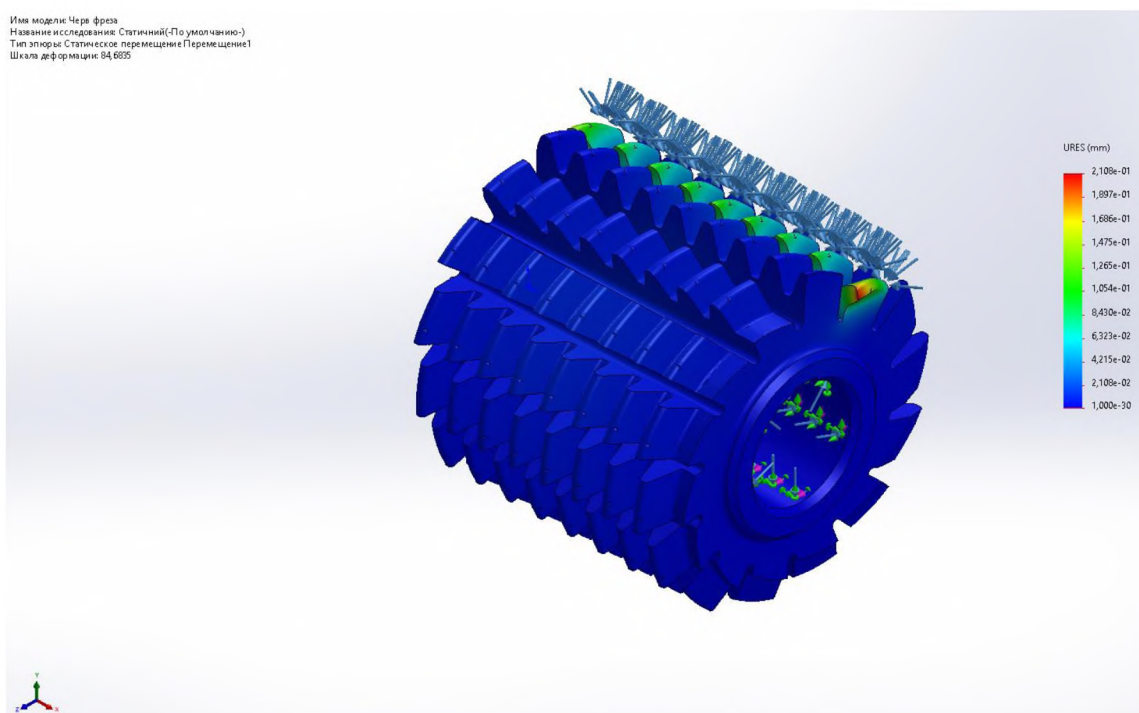


Рисунок 4.5 – «Переміщення» SolidWorks Simulation

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Имя модели: Черв'ячна фреза  
 Название и исследование: Статичний (По умолчанию)  
 Тип эпоры: Статическая деформация Деформация1  
 Шкала деформации: 84,6835

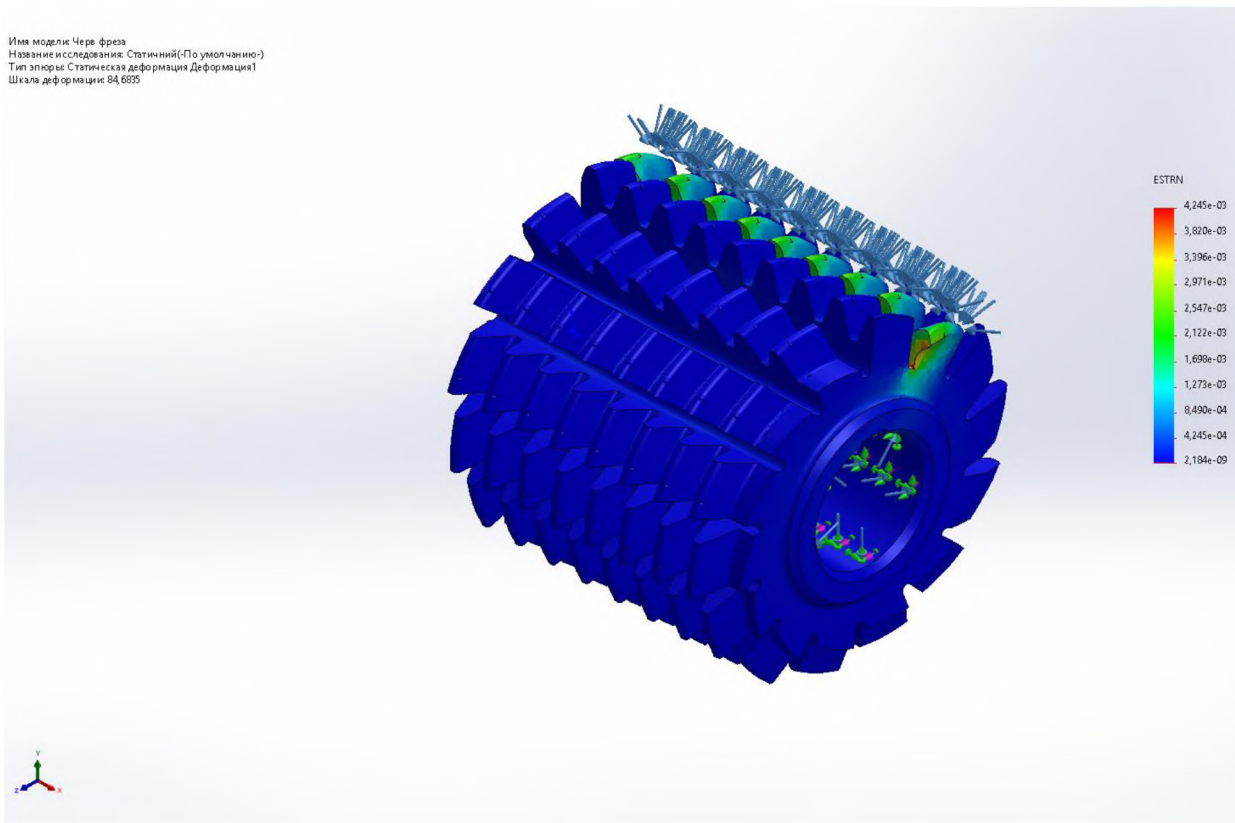


Рисунок 4.6 – «Деформація» SolidWorks Simulation

Отже, на основі цих симуляцій ми зрозуміли, що найбільш вразливою частиною черв'ячної фрези є її кромка. Для запобігання появі вразливих місць необхідно проводити додаткові дослідження щодо збіжності сітки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

### 5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Передбачаємо моделювання та програмуємо обробку деталі «Шестерня ведуча» для токарної операції. Ця операція виконується на горизонтальному токарно-револьверному верстаті GA-2000 з ЧПК (див. рис. 2.1), основні характеристики якого були детально розглянуті в другому розділі. На даному верстаті використовується система управління ЧПК Fanuc Oi-T.

Система числового програмного керування (CNC) Fanuc Oi-T є однією з популярних систем у промисловому виробництві. Ось деякі технічні характеристики та особливості цієї системи:

1. Мови програмування: Підтримує стандартні мови програмування для CNC, такі як G-коди та M-коди.

2. Інтерфейс: Має зручний інтерфейс для програмування та управління верстатом, який може бути екраном дотикового дисплею або клавіатурою.

3. Візуалізація: Надає можливість візуалізації обробки, що допомагає оператору краще розуміти, як будуть виглядати оброблені деталі.

4. Висока швидкість обробки: Підтримує високі швидкості обробки, що дозволяє ефективно виконувати різні завдання.

5. Точність і повторюваність: Забезпечує високу точність та повторюваність обробки завдяки точному керуванню рухами верстата.

6. Системи безпеки: Має вбудовані системи безпеки, що забезпечують безпеку оператора та обладнання під час роботи.

7. Підтримка додаткових функцій: Може включати підтримку різних додаткових функцій, таких як автоматична зміна інструментів, автоматичне вимірювання і т.д.

8. Зв'язок із зовнішніми системами: Може бути інтегрована з іншими системами керування виробництвом для забезпечення більш ефективного управління виробничими процесами.

Ці характеристики роблять систему числового програмного керування Fanuc Oi-T популярним вибором для різних типів верстатів та завдань у промисловому виробництві.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.05.МПОМО</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Базаєв</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>						

## 5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Відповідно до технічних характеристик пропонованого верстату та його системи ЧПК, разом з раніше обраною металорізальною машиною, ми плануємо розробити керуючу програму та моделювати процес обробки за допомогою Feature CAM. Завдання, які стоїть перед нами, проілюстровані на рис. 5.1-5.6.

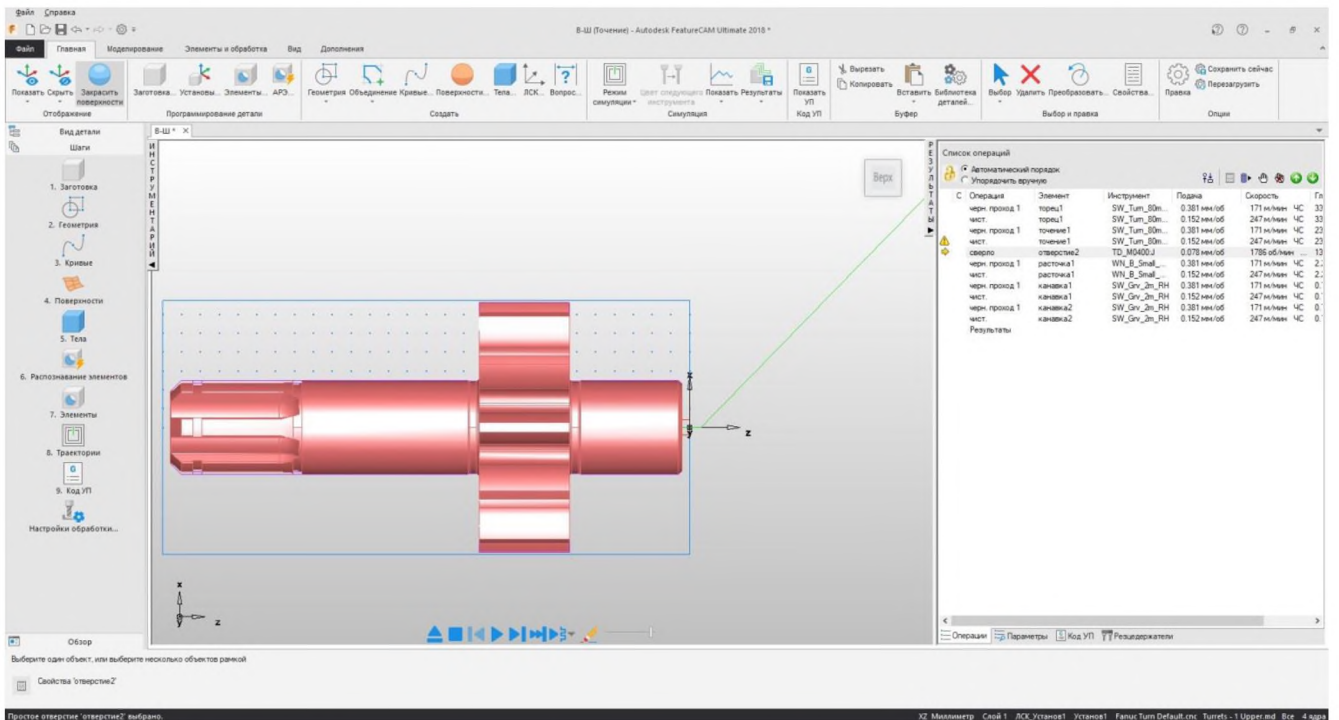


Рисунок 5.1 – 3D деталь «Шестерня ведучая» у вікні Autodesk Feature CAM

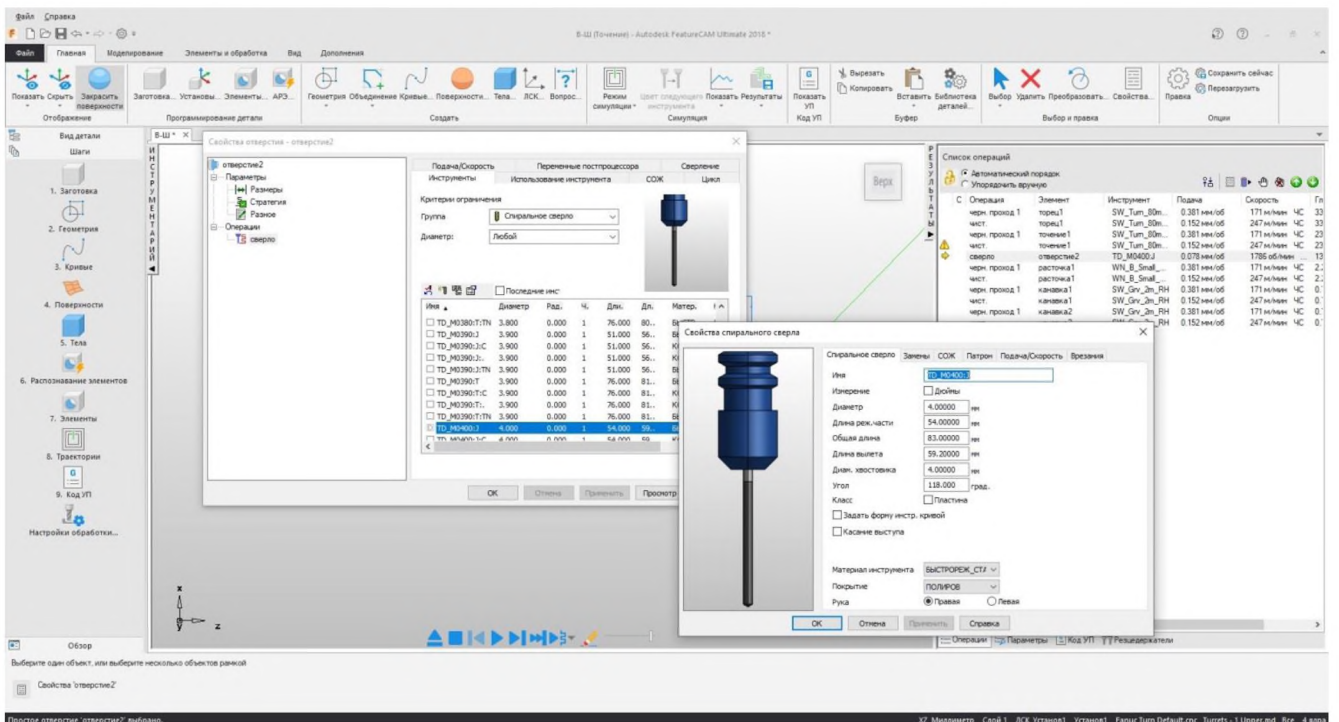


Рисунок 5.2 – Вибір необхідного інструменту для обробки деталі у Feature CAM

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

КНУ.КБР.131.24.1-01.05.МПМО

Арк.

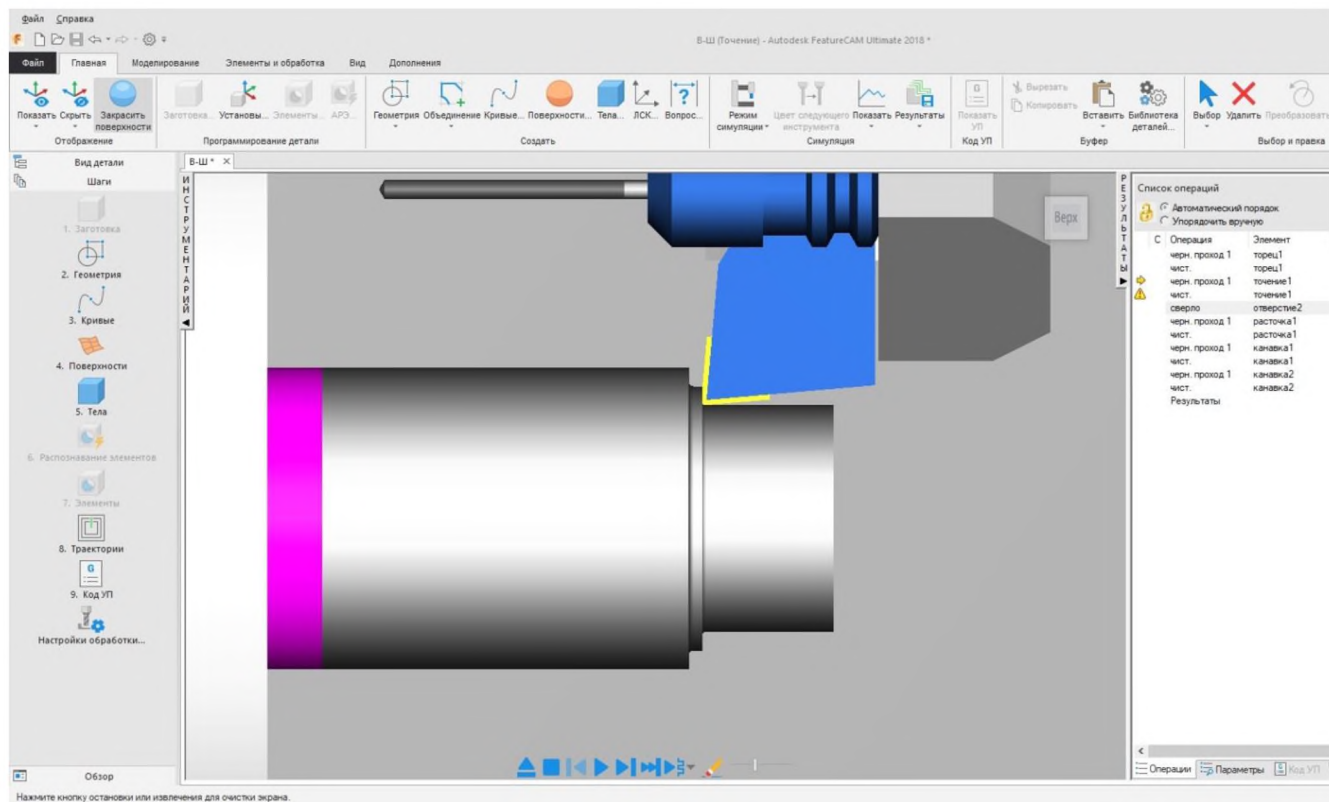


Рисунок 5.3 – Візуалізація процесу обробки деталі «Шестерня ведуча» у вікні Feature CAM – точіння циліндричної поверхні

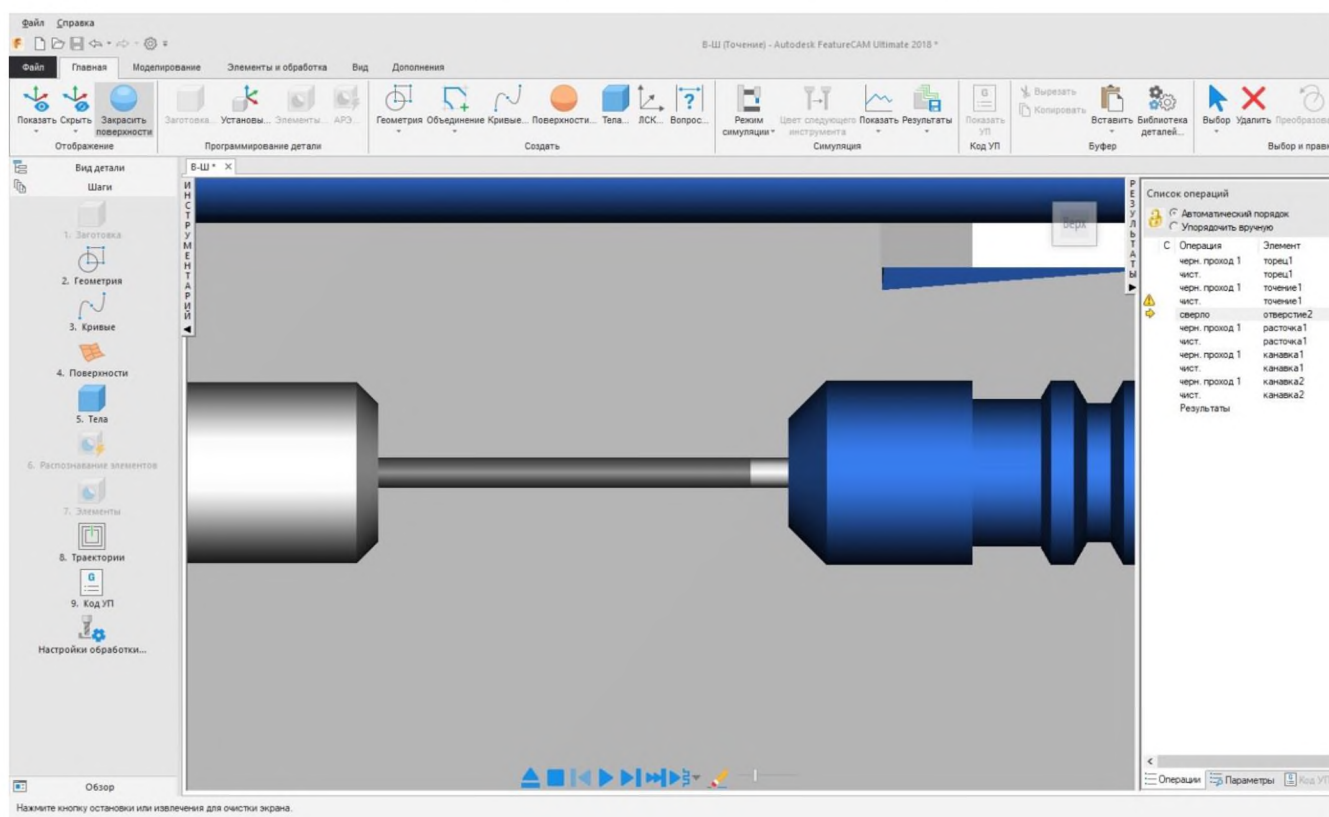


Рисунок 5.4 – Візуалізація процесу обробки деталі «Шестерня ведуча» у вікні Feature CAM – свердління

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-01.05.МПОМО

Арк.



## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

## 6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Виконаємо розрахунок собівартості та терміну окупності для двох варіантів обробки деталі «Шестерня ведуча». За допомогою прикладної програми, розробленої на кафедрі ТМ, визначимо економічну доцільність заміни верстатів у технологічному процесі. Замість двох базових верстатів, токарно-гвинторізного 16К20 для чорнкової обробки та токарного з ЧПК 16К30Ф3 для чистової обробки, розглянемо використання горизонтального токарно-револьверного верстата з ЧПК GA-2000. Початкові дані та результати розрахунків наведені на рисунках 6.1-6.4.

**Входные данные**

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

	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
<b>Трудоёмкость</b>		
Годовой объём выпуска деталей, шт	1500	1500
Штучное время обработки детали, мин	45	24
<b>Время настройки станка в течение года</b>		
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	125	60.5
<b>Время настройки инструмента вне станка на протяжении года</b>		
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	14	4
Среднее количество граней пластинки, шт	1	3
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90
<b>Количество станочников</b>		
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2
<b>Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ</b>		
Эффективный годовой фонд времени работы станка	3955	3955
Коэффициент загрузки станка	0.8	0.88
<b>Балансовая стоимость станка</b>		
Оптовая цена станка	379000	1657000
<b>Масса станка, т</b>		
	11	3.5

Buttons: Далее, Назад, Выход

Рисунок 6.1 – Внесення початкових даних (1)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.06.0ЕПВ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Базаєв</i>			<i>організаційно- економічна підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						



Рисунок 6.4 – Результати розрахунків за двома варіантами

Як видно з останніх результатів розрахунків, термін окупності заміни двох верстатів на один сучасний з ЧПК становить менше 5 років, а саме 1,05 року. Отже, вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Шестерня ведуча» призведе до зниження собівартості обробки і є доцільним.

## 6.2 Охорона праці та екологія виробництва

### 6.2.1 Основні джерела шуму

Машинобудування є одним із головних джерел шуму та вібрації серед інших галузей промисловості. Технологічні процеси, які супроводжуються інтенсивним шумом, використовуються практично на всіх етапах виробничого циклу. Дуже часто рівні звукового тиску на робочих місцях перевищують допустимі за санітарно-гігієнічними нормами значення на 10-30 дБ. Нерідко застосовуване технологічне обладнання і механізований інструмент створюють також сильні вібрації. Різноманітність джерел шуму та вібрації обумовлює наявність усіх їх різновидів.

У сталеплавильному виробництві головним джерелом шуму є основне обладнання: печі та конвертори. У мартенівських цехах рівні звукового тиску перебувають у межах 74-103 дБ. Рівень звукового тиску під час роботи електropечі лежить у межах 104-115 дБ.

Рівні звукового тиску конверторних цехах перебувають у межах 82-113 дБ.

Прокатні цехи є найгучнішими проти іншими цехами металургійного циклу. Звуковий тиск у прокатному виробництві може досягати 118-122 дБ.

У ливарних цехах джерелами інтенсивного шуму є формувальні машини та вибивні грати, що створюють шум з рівнем 105-115 дБ у широкому спектрі частот. Не менше шуму створюють кульові млини, галтувальні барабани, піскомети, вібраційні сита та трамбування. Дуже галасливою є ділянка обрубки та зачистки виливків пневмозубілами та наждачними колами. Шум основного

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





газотурбінних енергетичних установок рівень сумарного (аеродинамічного та механічного) шуму, переважно височастотного, досягає 135-145 дБ.

### 6.2.2 Звукоізоляція виробничих приміщень

Виробничий шум щодня негативно впливає на працівників, у результаті вони йдуть у лікарняні та беруть відгули. Тому сучасні підприємства намагаються знизити шум і тим самим підвищити якість роботи працівників та підприємства загалом.

Виробництва сильно відрізняються один від одного, тому немає універсального рішення. Для кожного проекту необхідно зробити правильний вибір звукоізоляційних матеріалів. Важливо розрахувати, де буде зроблений додатковий шар звукоізоляції, знайти і максимально закрити джерела шуму.

Наприклад, звукоізоляція цегляної стіни складається з звукоізоляційних мембран TOPSILENT VITEX і, особливо складних випадках, додатково прокладаються звукоізоляційними панелями WOLF PhoneStar. Сучасні матеріали мають багатшарову структуру, де кожен шар послідовно, один за одним, гасить звукові хвилі. Чим більше таких шарів, тим ефективніший захист від повітряного шуму.

Приклад розрахунку звукоізоляції від повітряного шуму для 1 м<sup>2</sup> цегляної стіни:

- TOPSILENT VITEX – 12,3 у.о. (16,9 у.о.)
- ЕКОТИШИНА – 7,7 у.о.
- FONOSTRIP – 1,5 у.о.
- FONOCOLL – 4,0 у.о.
- Стрічка ППЕ 3003 – 0,7 у.о.

Разом: 26,2 у.о. (30,8 у.о.) за один квадратний метр

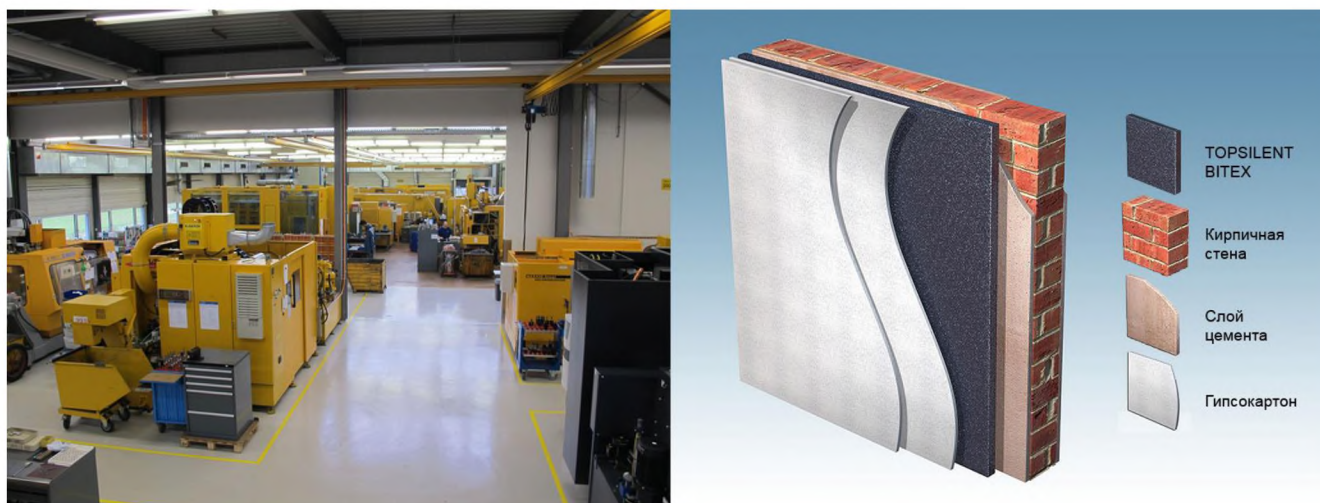


Рисунок 6.5 – Звукоізоляція виробничих приміщень

Промислова звукоізоляція передбачає повний захист оператора верстата з використанням «кабіни керування». У таких кабінах використовується комбінація звукопоглинаючих матеріалів та багатшарових склопакетів. Таким чином

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

досягається значно зниження звукового шуму, але при цьому оператор залишається повний огляд.

Ефективно показують себе комбінації із звукопоглинаючих та звукоізолюючих матеріалів. Якщо у вже звукоізолюваному приміщенні, розмістити звукопоглинаючі панелі ЕхоКор, це дозволить досягти акустичного комфорту для працівників виробництва.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У КБР представлено деталь «Шестерня ведуча», яка є складовою частиною шестеренного насосу НШ 32М серії «MASTER». Дані насоси використовуються на тракторах МТЗ серій 900, 800, 500, трактори 2022, 1220, 1221 та ін.

У першому розділі описано технічне завдання на виконання роботи та проведено аналіз вузла, до якого входить зазначена деталь. Також здійснено вибір посадки для з'єднань деталі «Шестерня ведуча» з суміжною деталлю механізму.

У другому розділі деталь проаналізовано з визначенням матеріалу, з якого вона виготовлена, проведено аналіз її поверхонь та описано етапи утворення цих поверхонь. Також запропоновано використання сучасного технологічного обладнання.

У третьому розділі відповідно до обраного обладнання запропоновано основний інструмент та допоміжний для виконання заданих операцій обробки деталі «Шестерня ведуча».

У четвертому розділі проведено проектування спеціального різального інструменту - черв'ячної фрези, та проведено інженерний аналіз на міцність за допомогою SW.

У п'ятому розділі розглянуто процес моделювання обробки деталі на токарному верстаті з числовим керуванням за допомогою моделі GA-2000 та розроблено відповідну керуючу програму.

У шостому розділі представлені розрахунки вартості та строку окупності введення сучасного верстата з ЧПК замість універсальних, що використовуються у технологічному процесі заводу. Також розглянуто вплив шуму, який виникає на машинобудівних виробництвах та запропоновано варіанти звукоізоляції виробничих приміщень.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Базаєв</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</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. Каталог інструментів фірми SUMITOMO, 2008р.
3. <http://www.dolfamex.com.pl>.
4. Каталог допоміжного інструменту фірми HAIMER, 2004р.
5. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
6. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
7. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
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.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-01.СВД</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаних джерел</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Базаєв</i>							<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Рязанцев</i>									
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
<i>Зав. каф.</i>	<i>Нечаєв</i>									

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ  
АРКУШІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня ведуча» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Базаєв Т.П.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

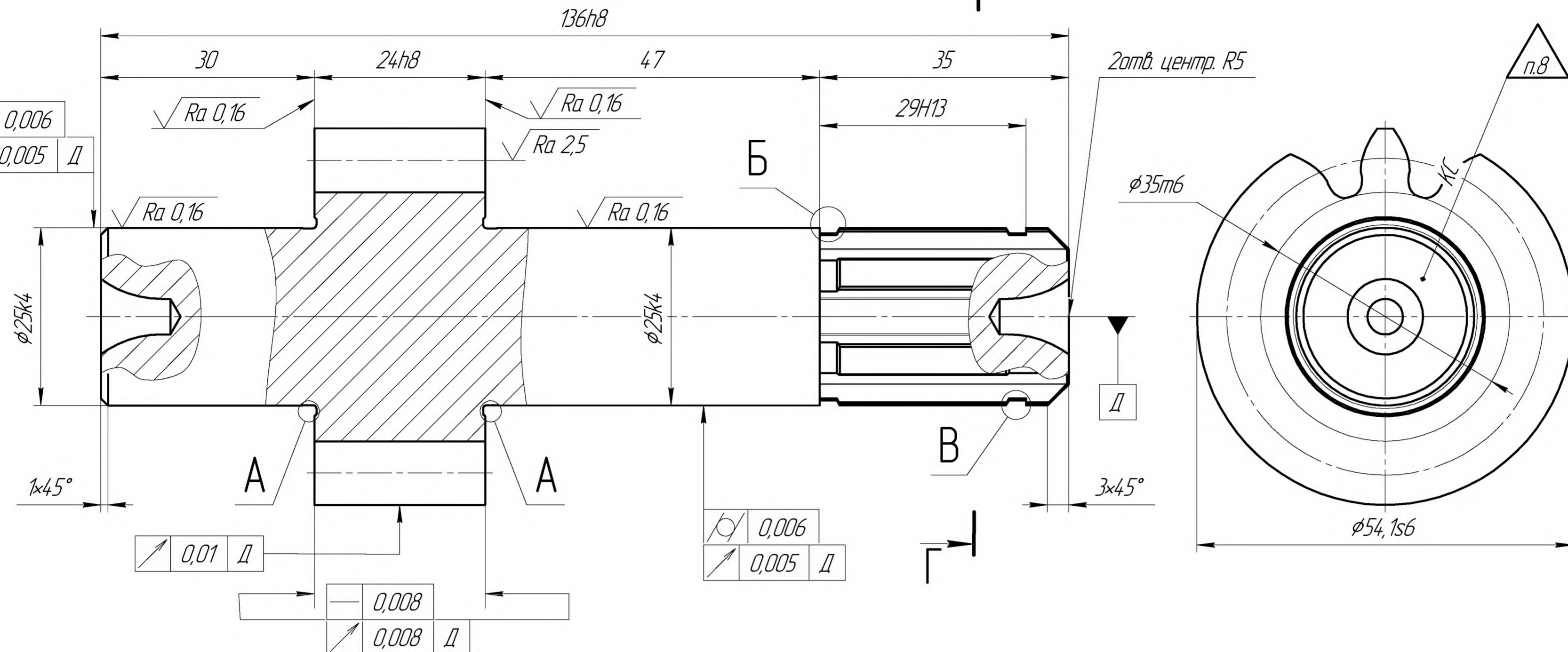
\_\_\_\_\_

(підпис)

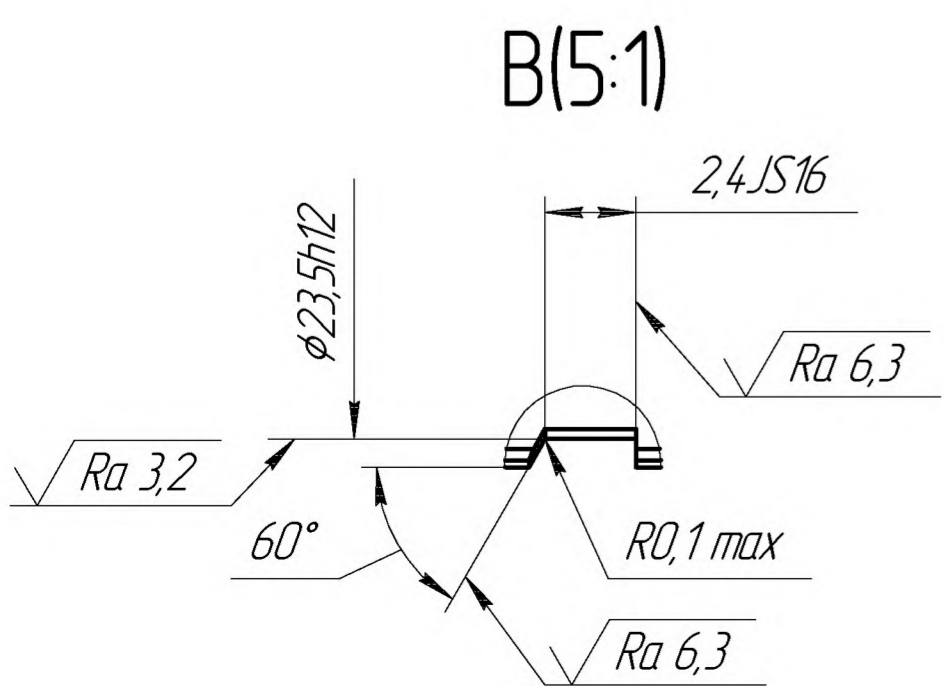
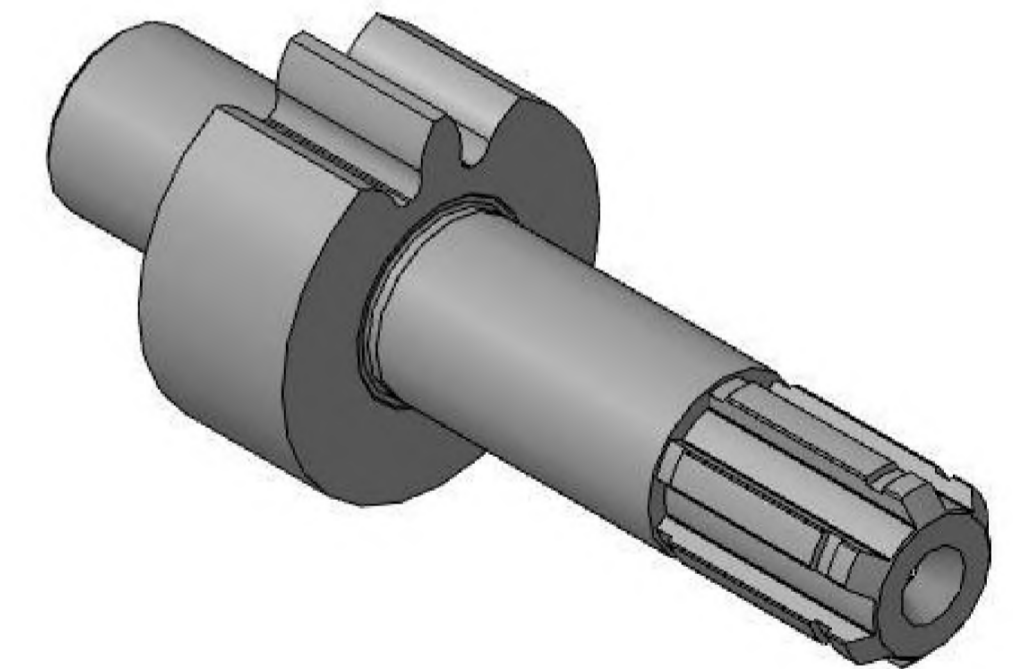
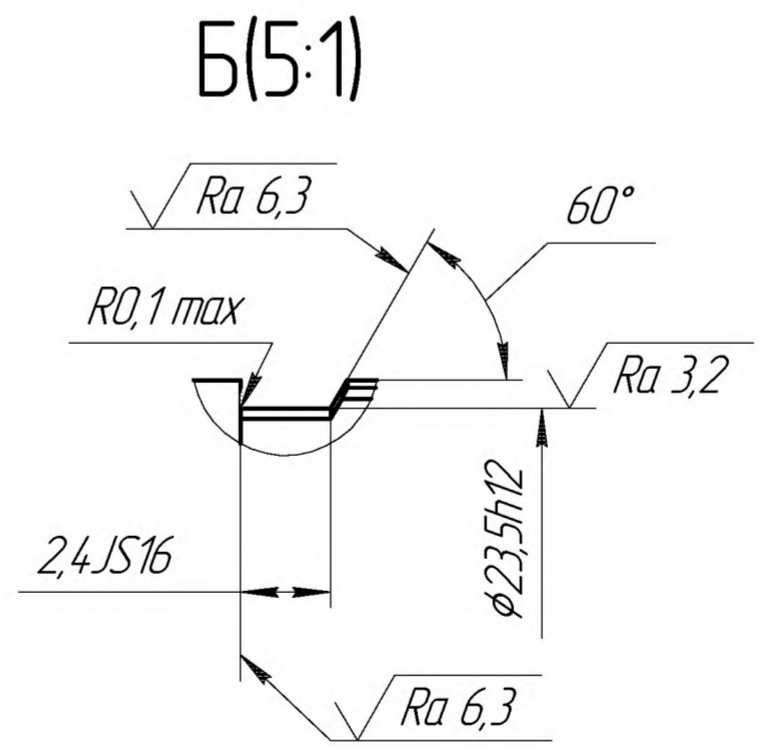
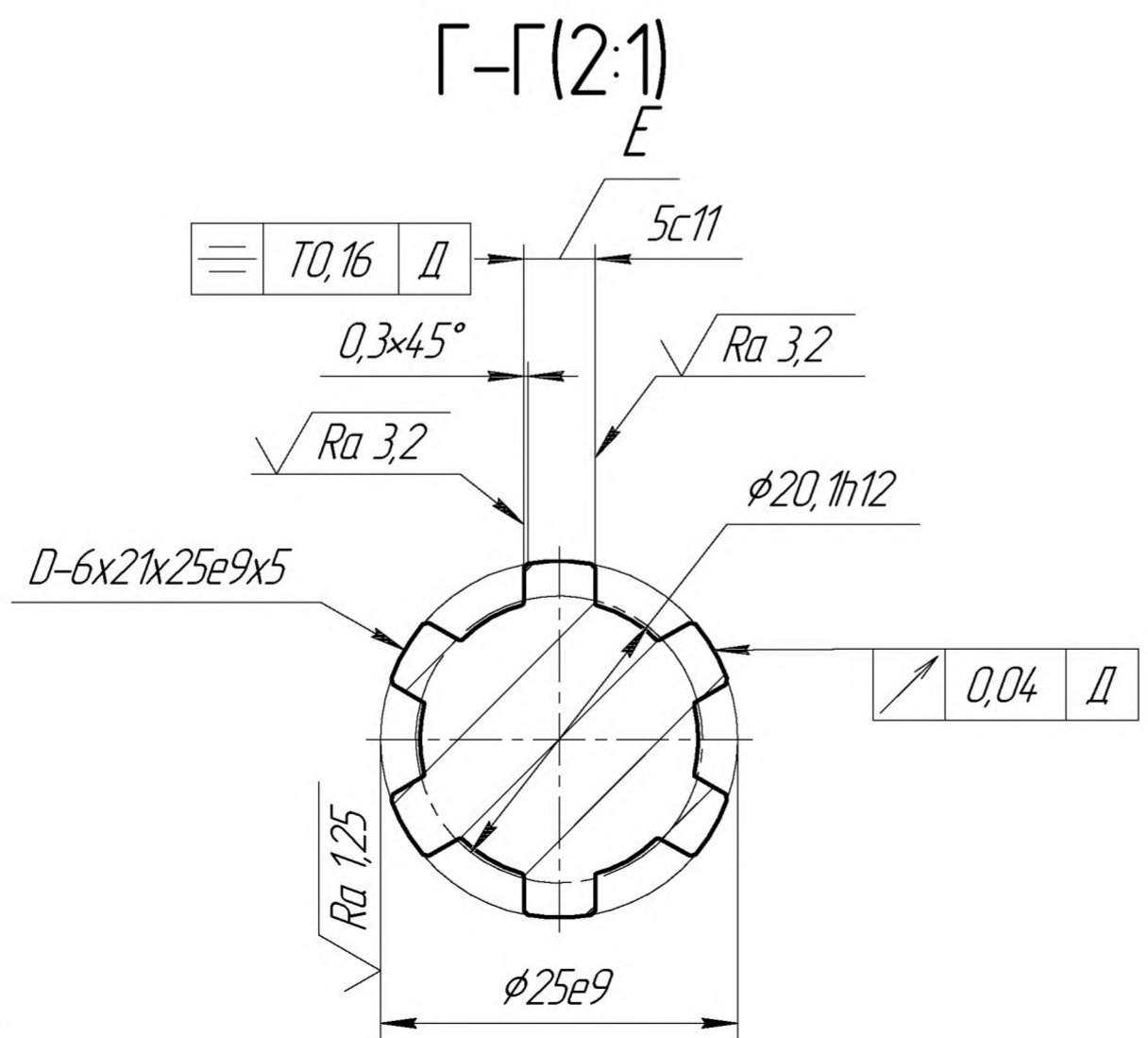
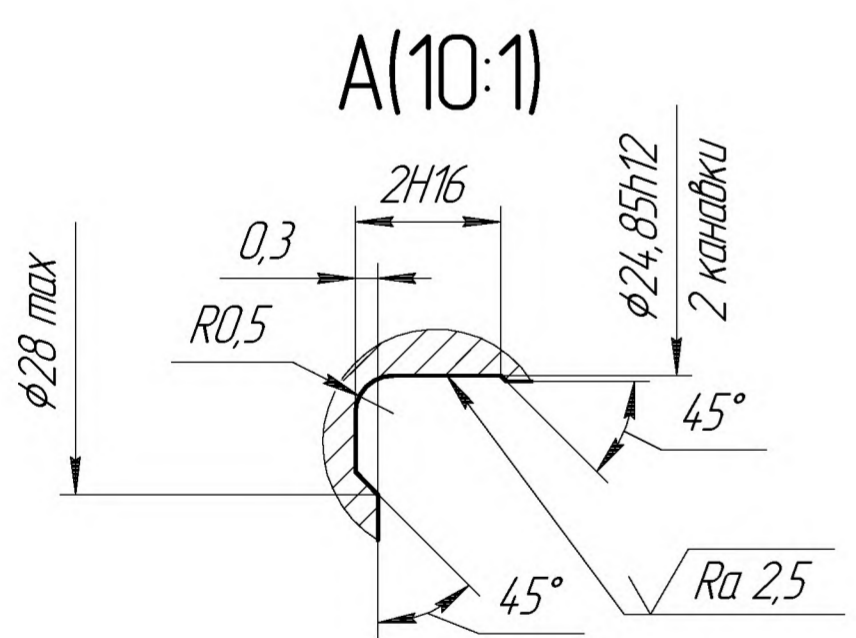
Нечасєв В.П.



0,006  
0,005 Δ



Модуль	m	5
Число зубів	z	11
Нормальний вихідний контур	-	
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	x	+0,135
Ступінь точності	-	9-10-9-0-360
Довжина загальної нормалі	W	18,698 <sup>-0,254</sup> <sub>-0,324</sub>
Діаметр ділильної окружності	d	44
Діаметр основної окружності	d <sub>b</sub>	41,346
Радіус кривизни активного профілю зуба в нижній точці	p	0,3167



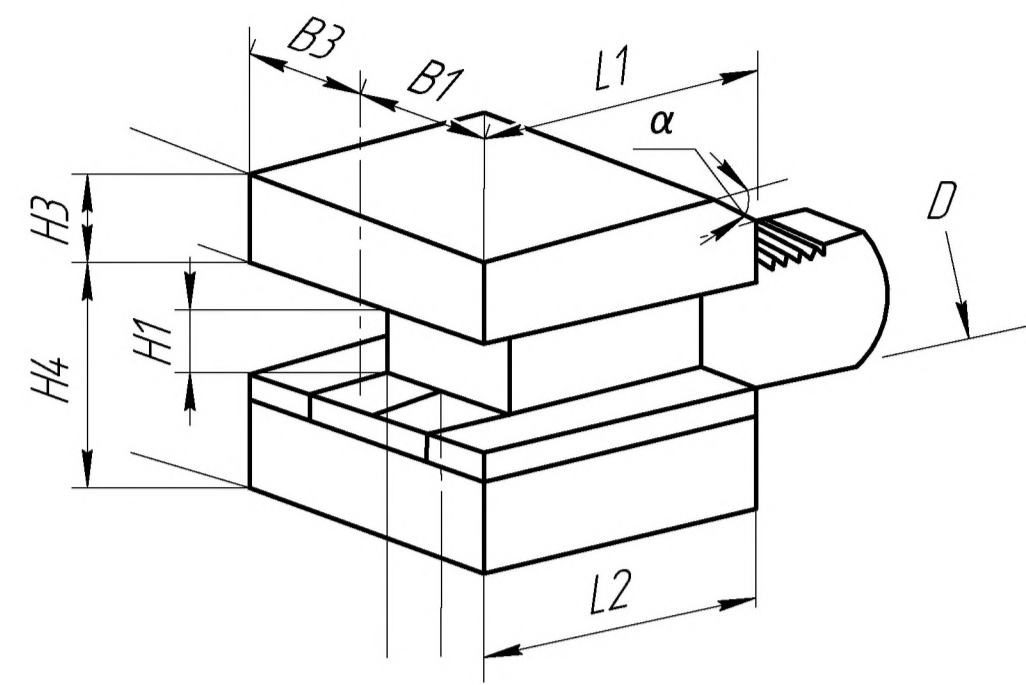
1 Цементувати h 0,6..1,0 мм; 57..63 HRC, серцевина 25..45 HRC.  
Допускається по поверхні шийок шестерені 52..64 HRC.

2 Невказані граничні відхилення за: H14; h14;  $\pm \frac{IT14}{2}$ .

КНУКБР.131.24.1-01ШВ				Лист	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н	0,78	2:1
Розробив	Базаєв			Лист	Листів	1
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Н.контр.	Рязанцев			Сталь 18ХГТ ДСТУ 7806:2015		
Затв.	Нечасєв					



# Комбінований різцетримач форма D1



## Операція токарна ЧПК Верстат: токарний з ЧПК MAZAK SLANT TURN 20 ATC

D	B1	B3	H1	H3	H4	L1	L2	α	Позначення
30	35	41	20	28	38	42	60	-	D1-30x20

Базування вала при обробці циліндричних, торцевих поверхонь та фасок пластинами типу MP, GU, GX, закріпленими на державці DSSN R2020S2509 при чорновій, напівчистовій та чистовій обробках

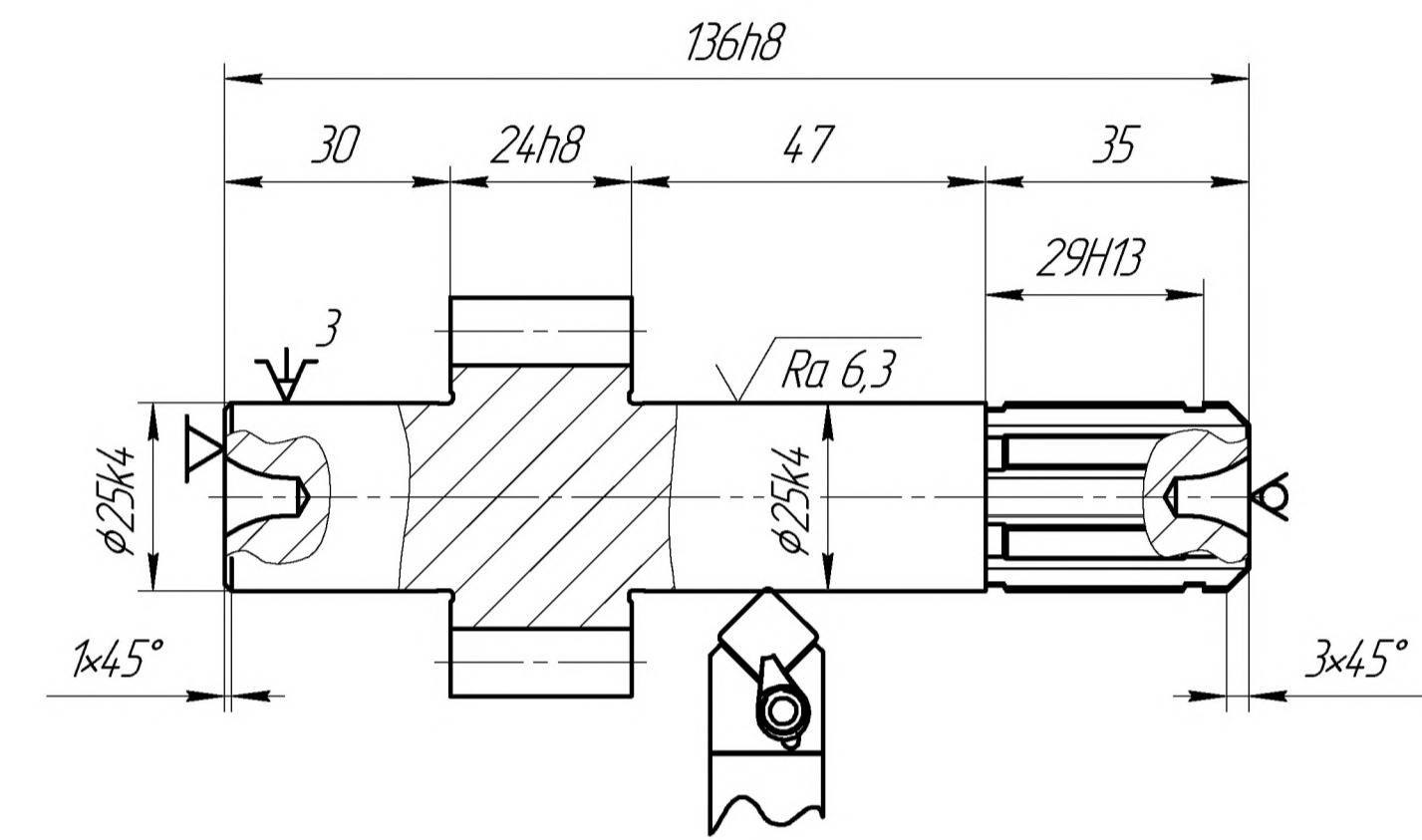
### I Установ

### II Установ

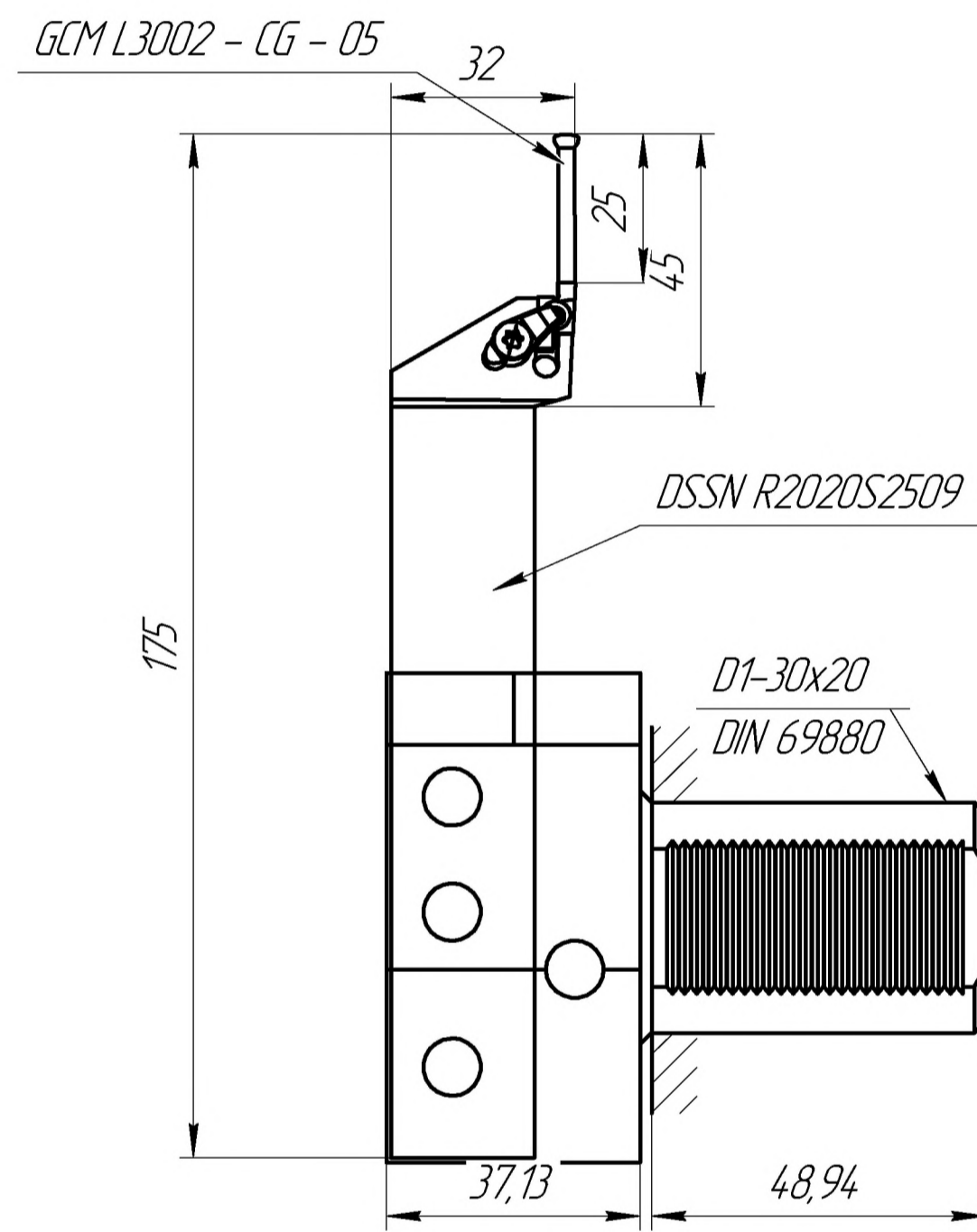
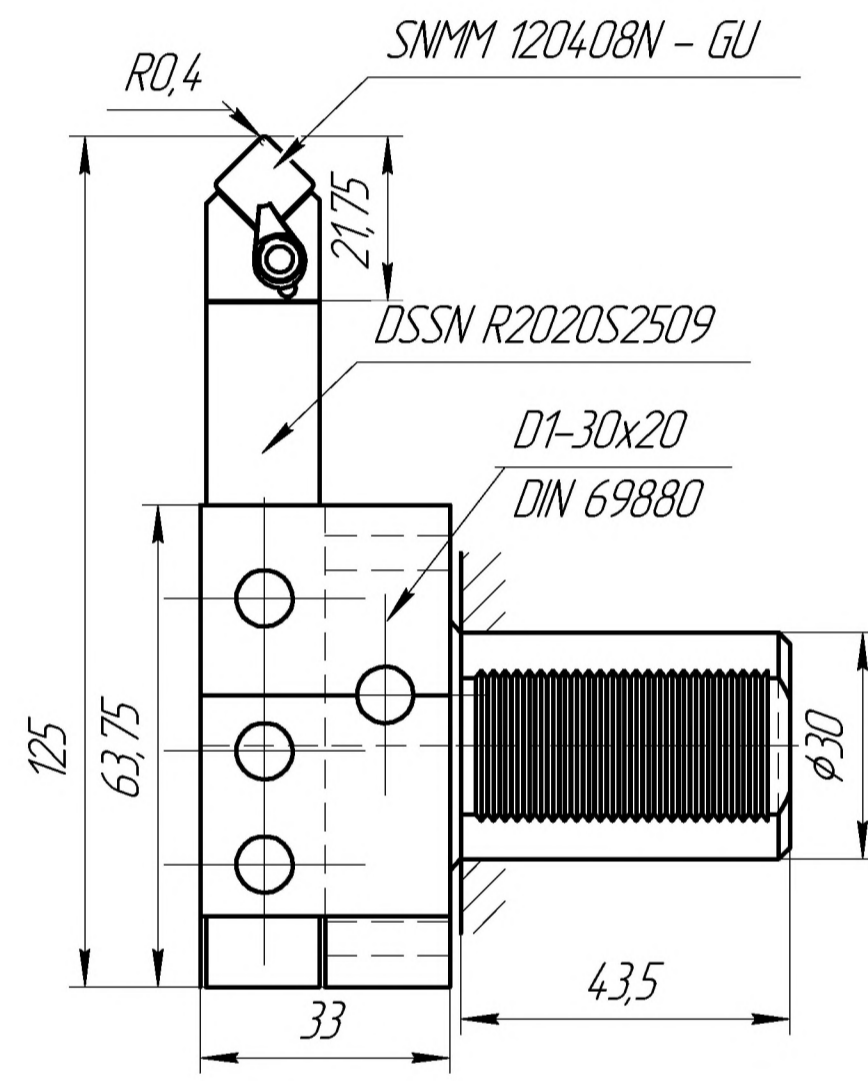
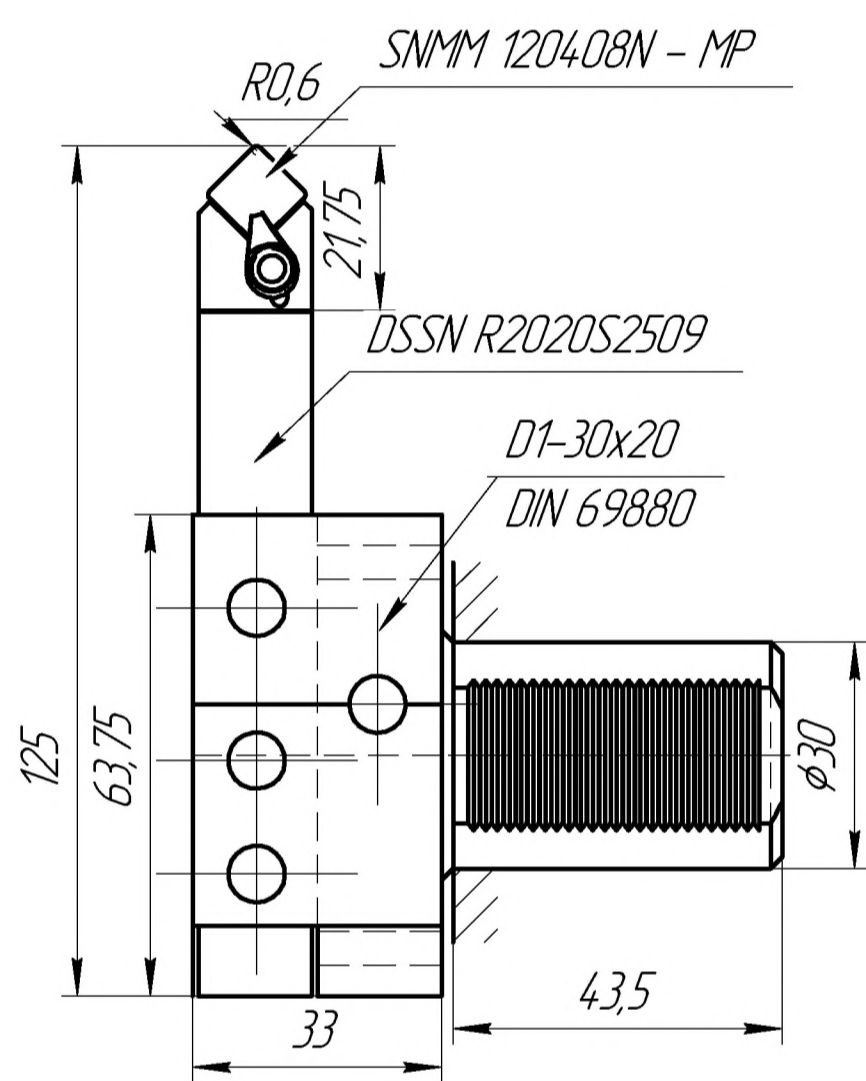
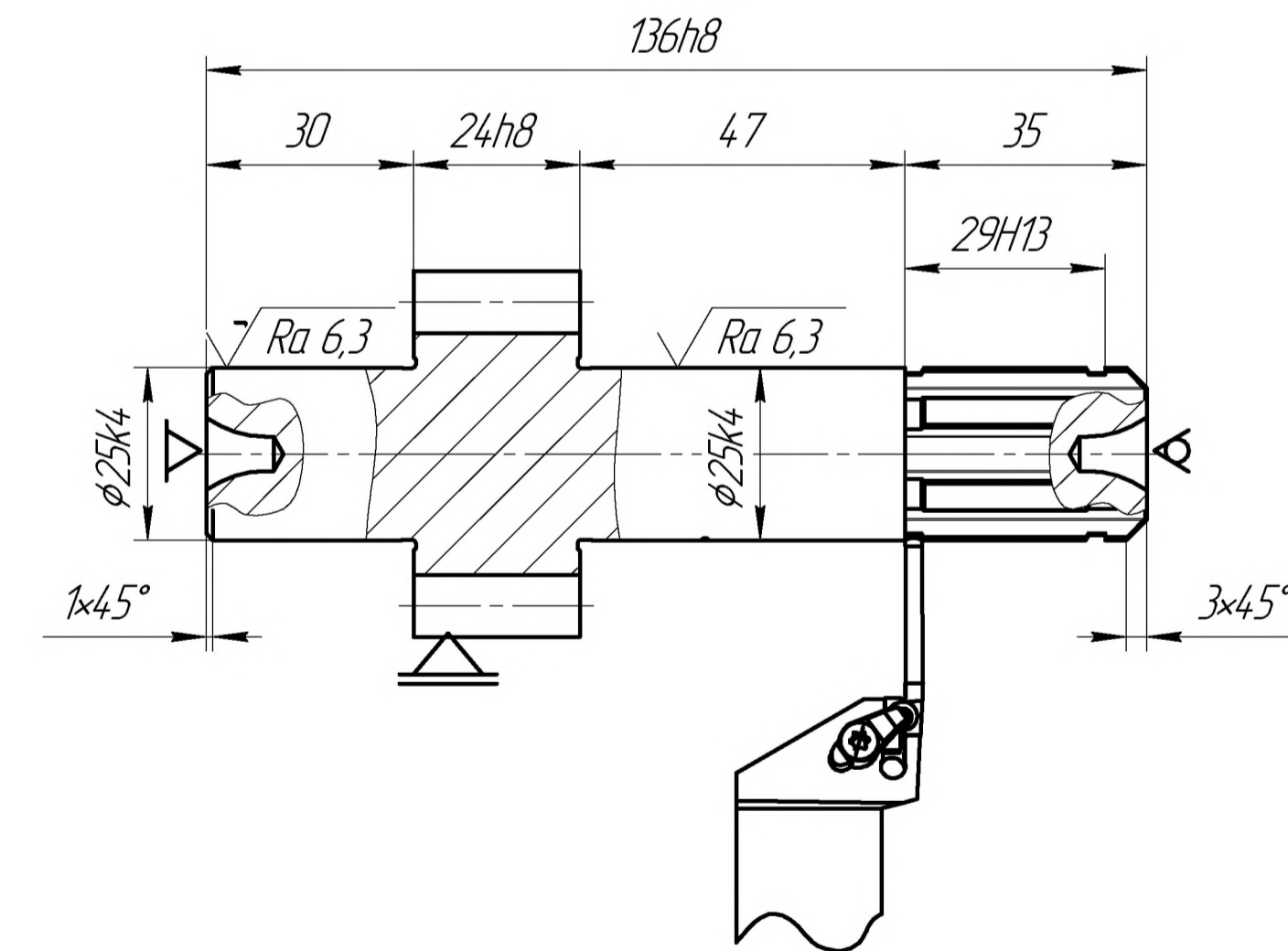
#### Точіння чорнове

#### Точіння напівчистове

#### Точіння канавок

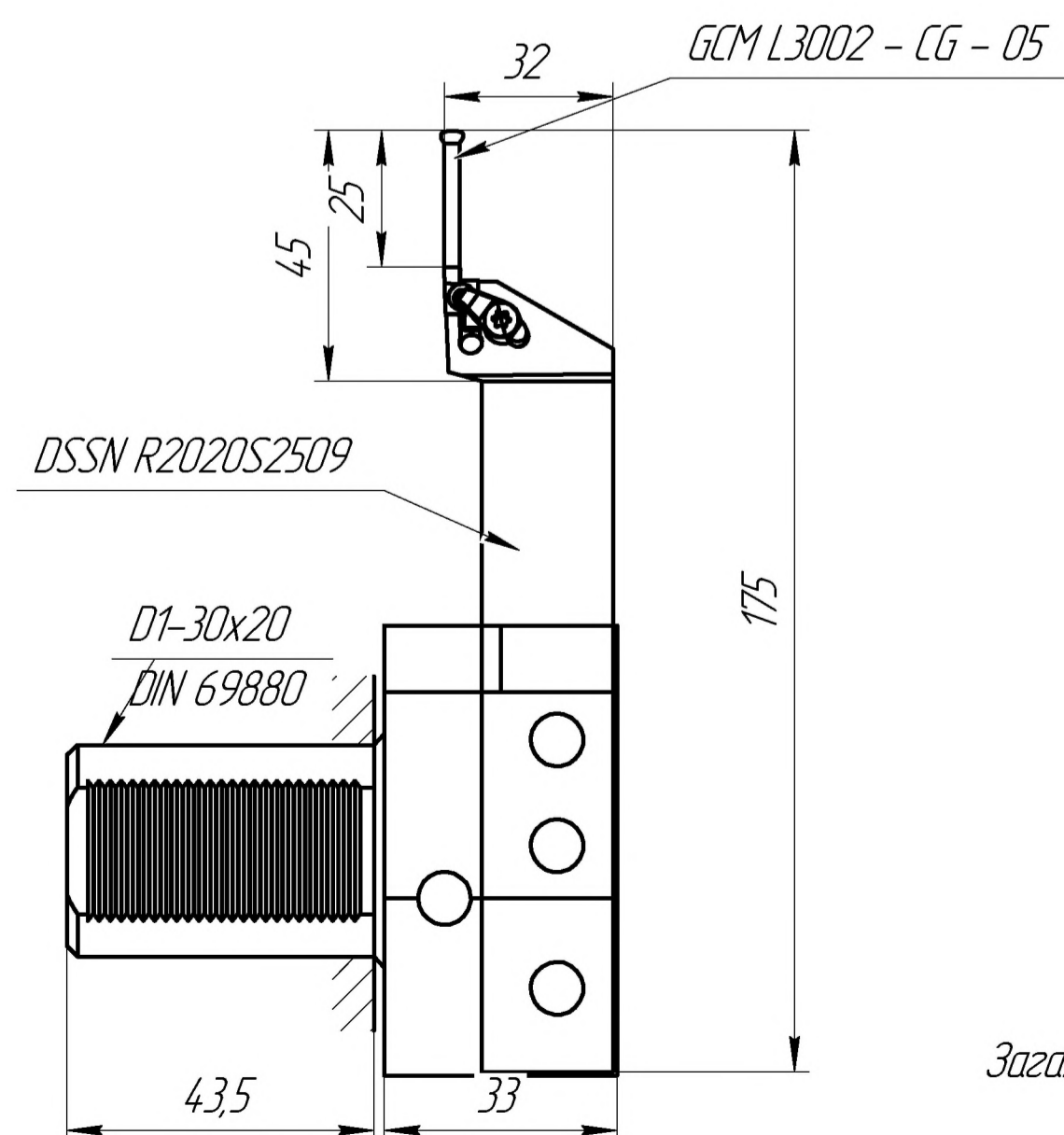
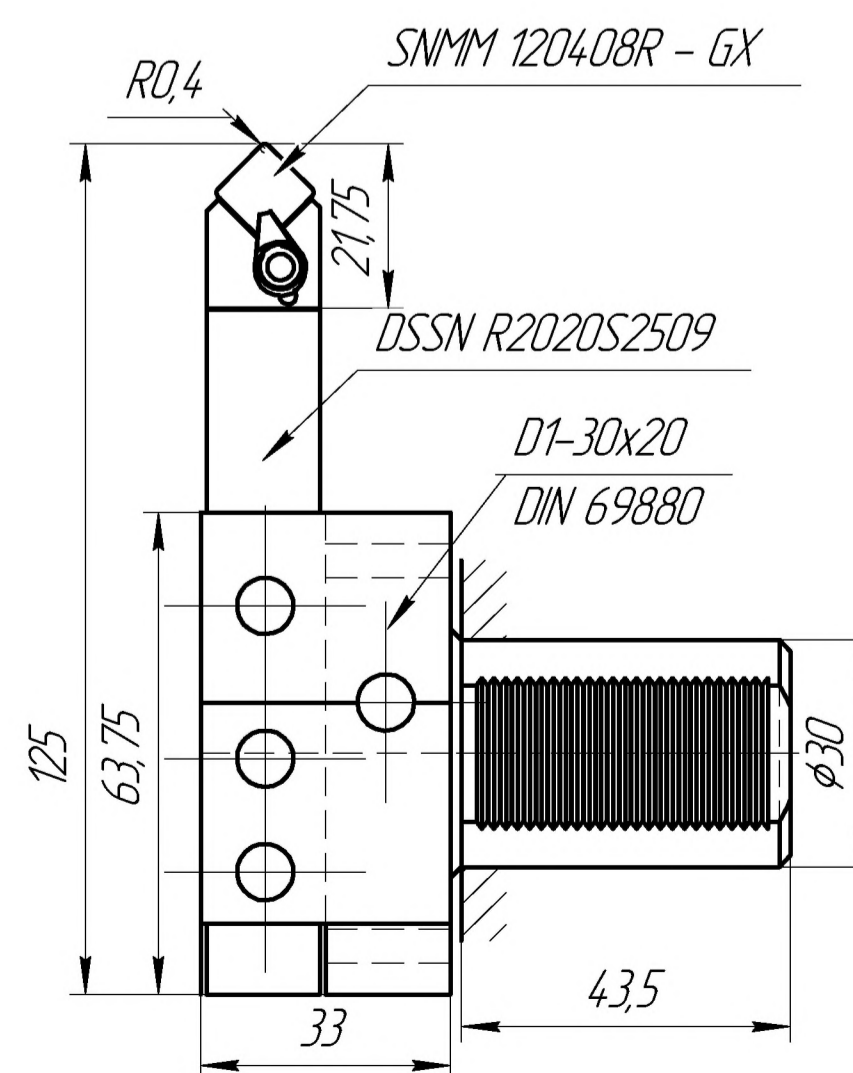


Базування вала при обробці канавок пластинами типу CG, закріпленими на державках GCM R3002 - CG - 05 та GCM L3002 - CG - 05



#### Точіння чистове

#### Точіння канавок

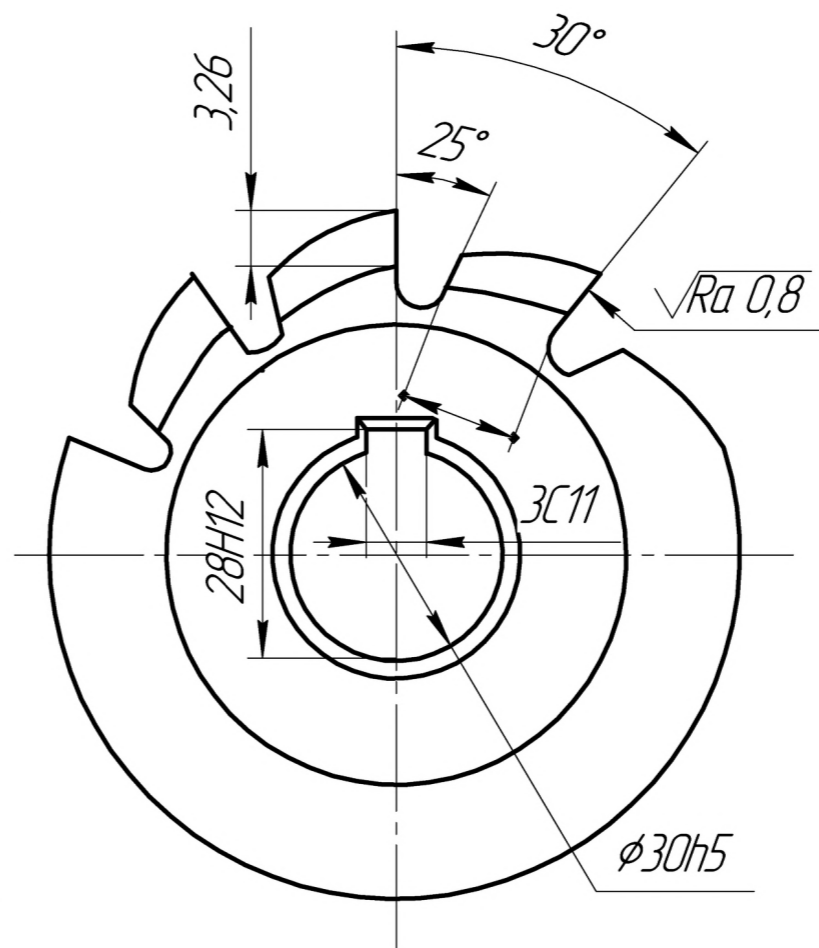
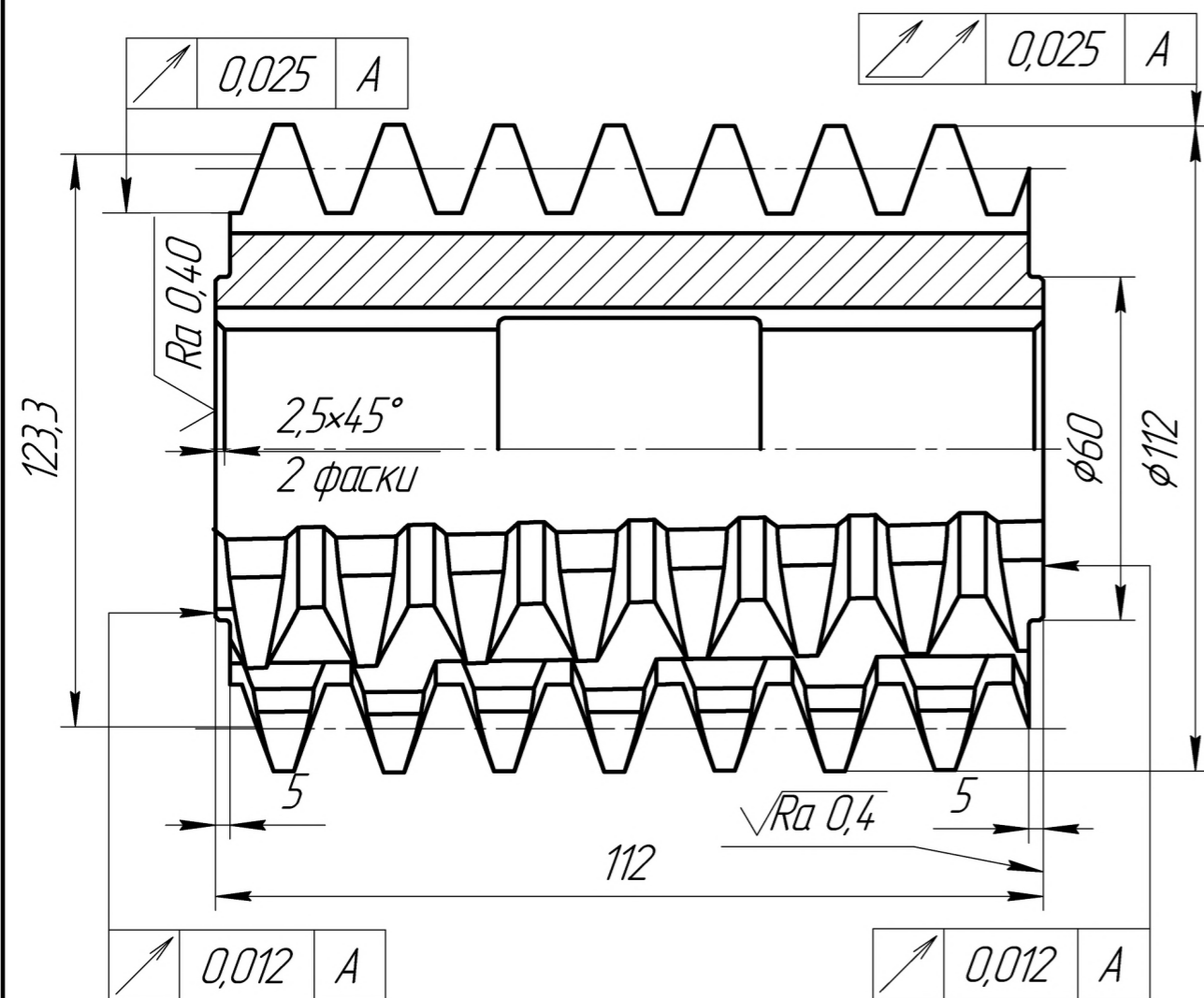


Загальний вид верстата горизонтально токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі GA-2000

КНУКБР.13124.1-01.ВІН			Лист	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н	1:1
Розробив	Базав			Лист 1	Листів 2
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20	
Начальник	Рязанцев				
Затв.	Мечис				

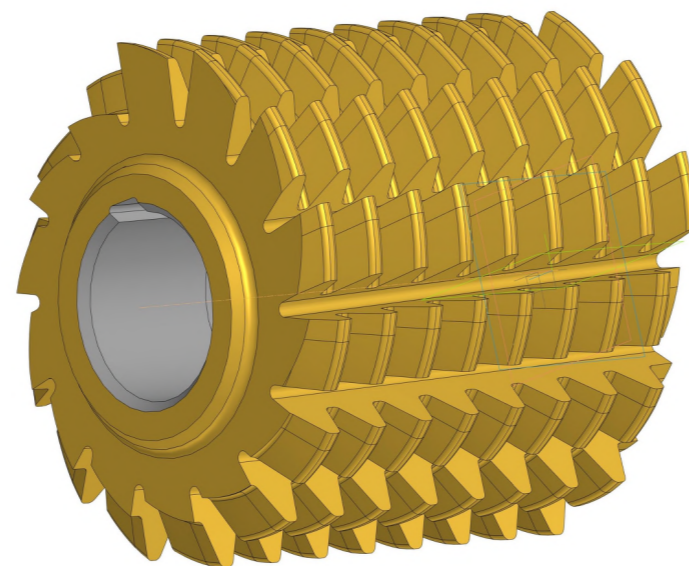
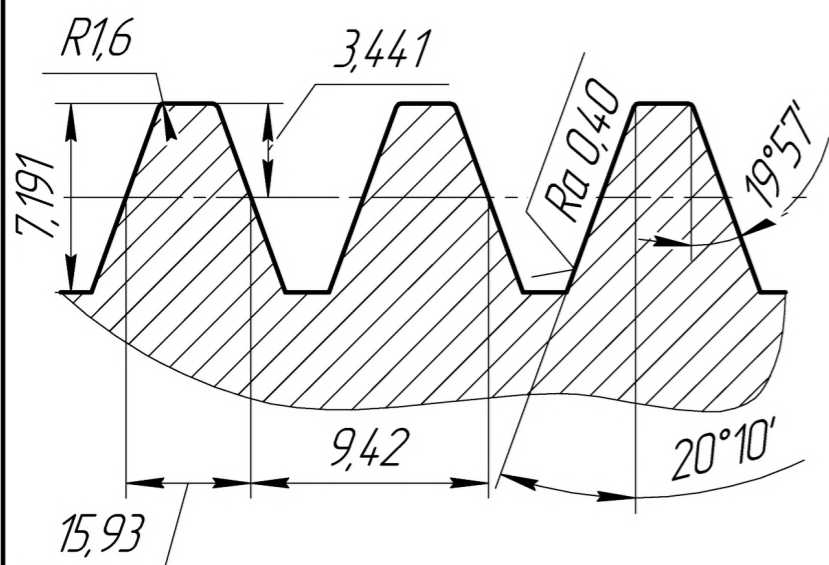
КНУ.КБР.131.24.1-01.ФЧ

$\sqrt{Ra 6,3}$  (✓)



Модуль	10
Угол профиля	20°
Угол подъема винтовой линии	7,25°
Число стружечных канавок	19
Число заходов фрезы	2
Направление витков фрезы	правое
Шаг по оси (захода)	13,32
Шаг по нормали	9,42
Направление винтовых стружечных канавок	левое

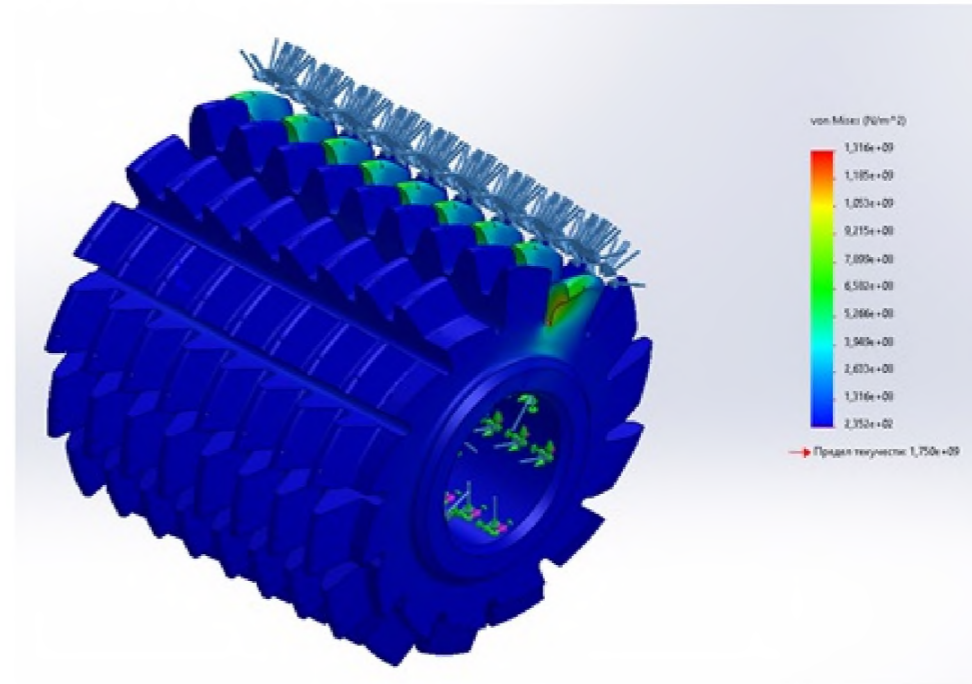
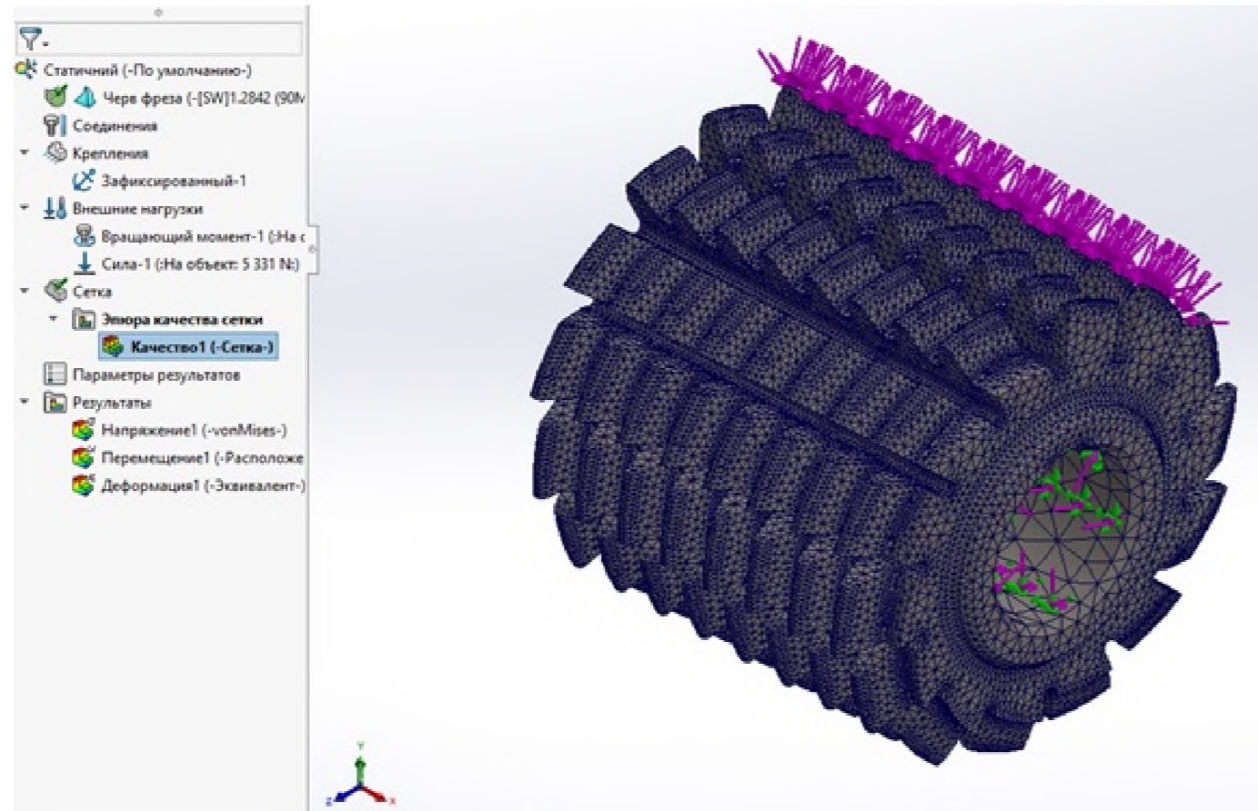
Профиль по нормали (1:1)



1. Забезпечити твердість 63..66 HRC<sub>2</sub>.
2. Невказані граничні відхилення: H14; h14;  $\pm \frac{IT14}{2}$ .
3. Допуск відхилення осьового кроку фрези  $f_{pxo} = \pm 0,02$  мм.
4. Допуск накопиченого відхилення кроку на довжині будь-яких трьох кроків  $f_{pxo} = 0,06$  мм.
5. Допуск відхилення профілю передньої поверхні  $f_y = 0,016$  мм.
6. Допуск відхилення накопиченої похибки колового кроку стружкових канавок  $F_{po} = 0,032$  мм.
7. Допуск відхилення напрямку стружкових канавок  $f_x = \pm 0,063$  мм на довжині 100 мм робочої частини фрези.

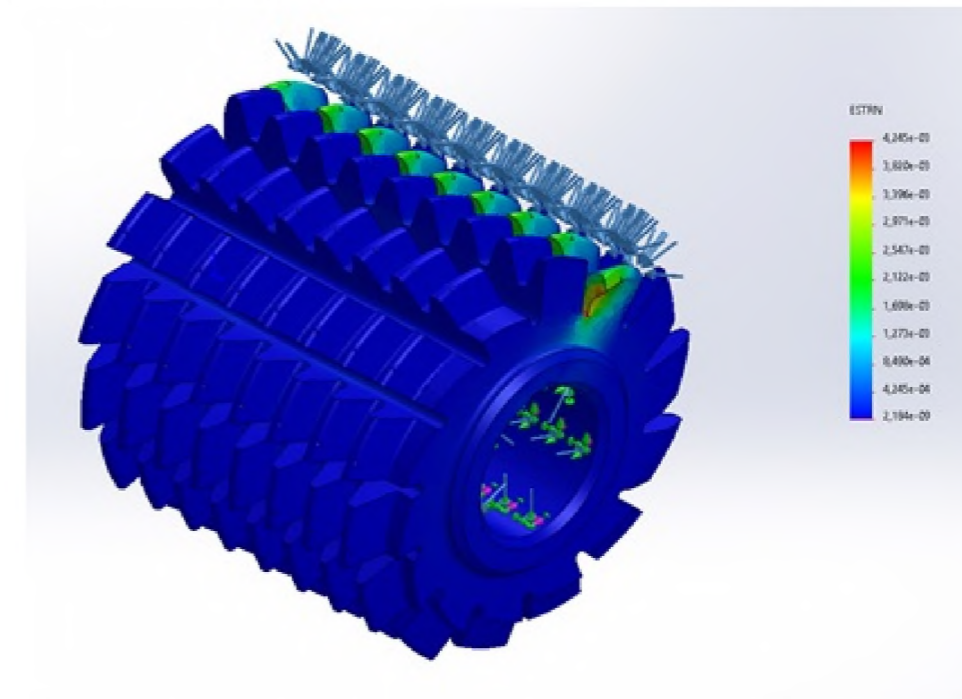
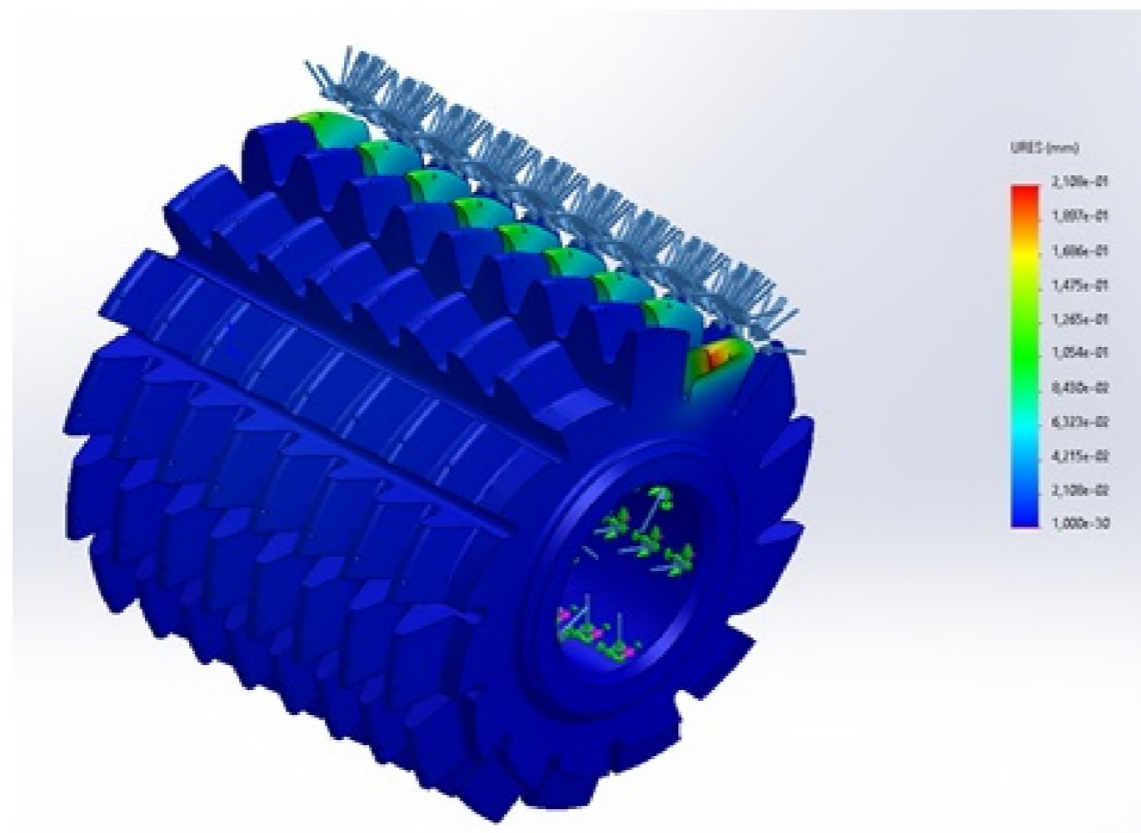
				КНУ.КБР.131.24.1-01.ФЧ			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Фреза черв'ячна	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Базаєв				Н	-	1:2
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів 1		
Н.контр.	Рязанцев			Сталь Р6М5 ДСТУ 7304:2013			Кафедра ТМ гр. ПМ-20
Затв.	Нечаєв						

Сітка кінцевих елементів у SolidWorks Simulation

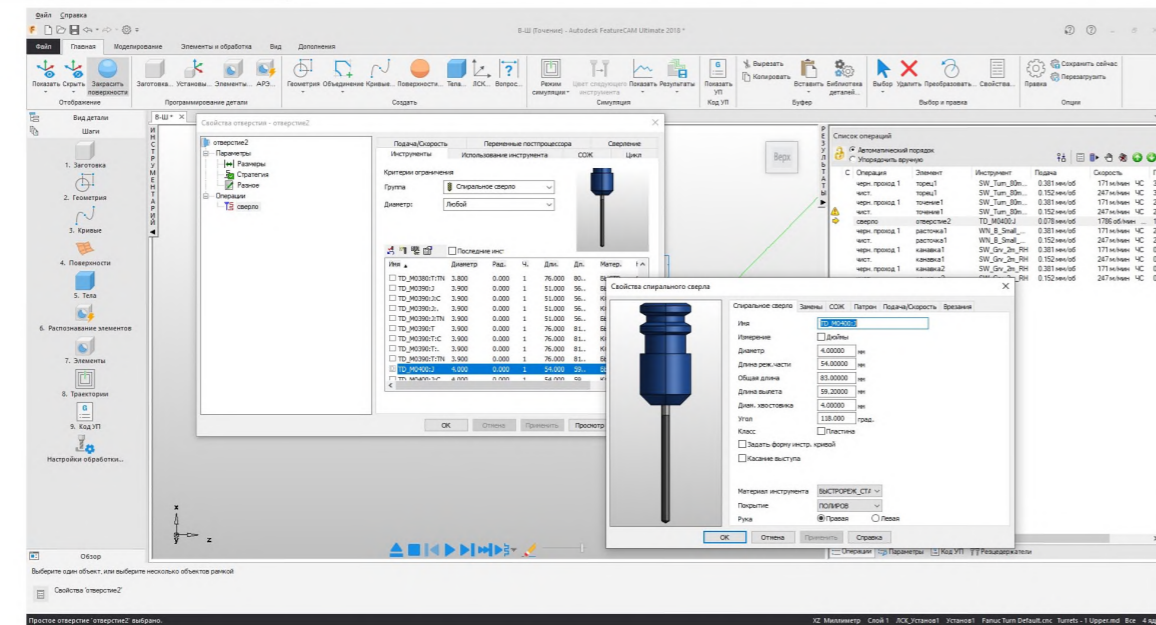


Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation

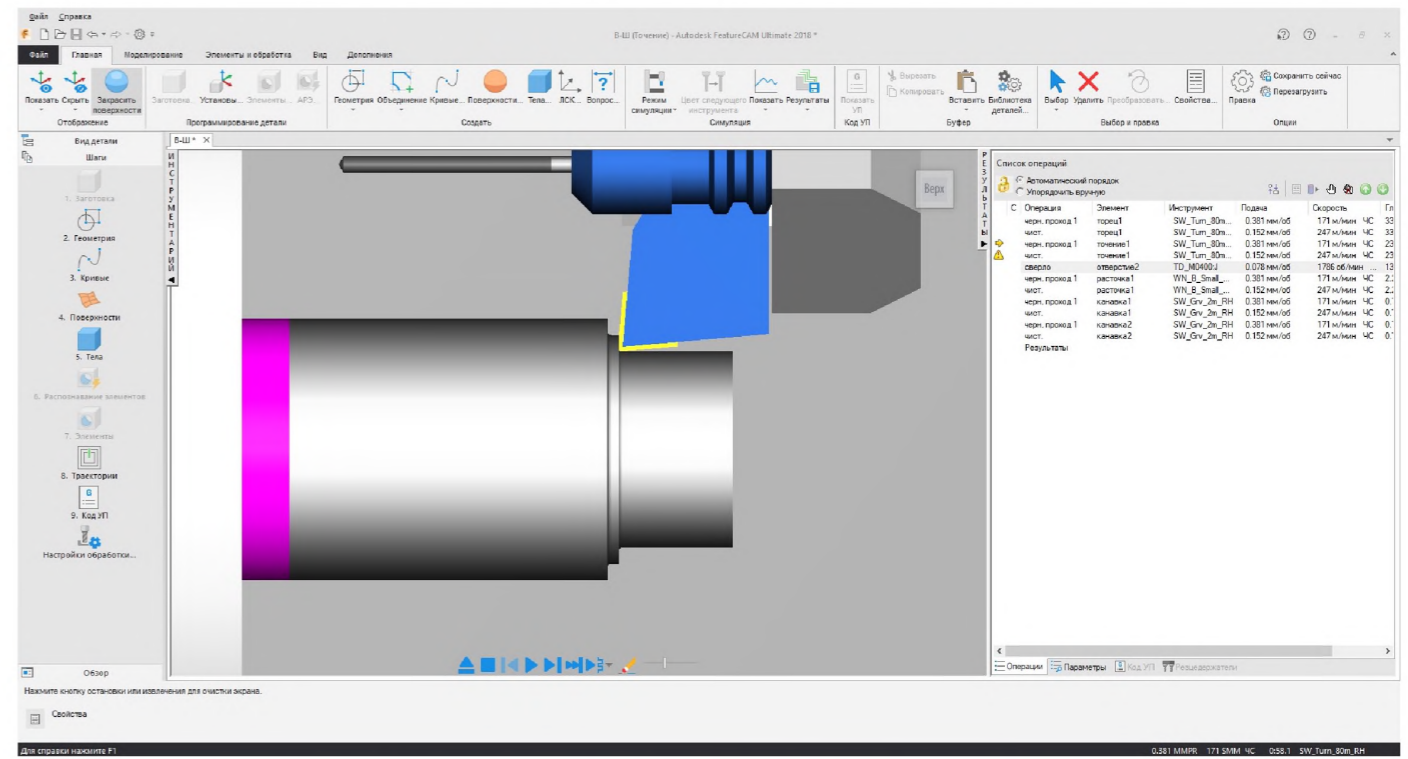
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



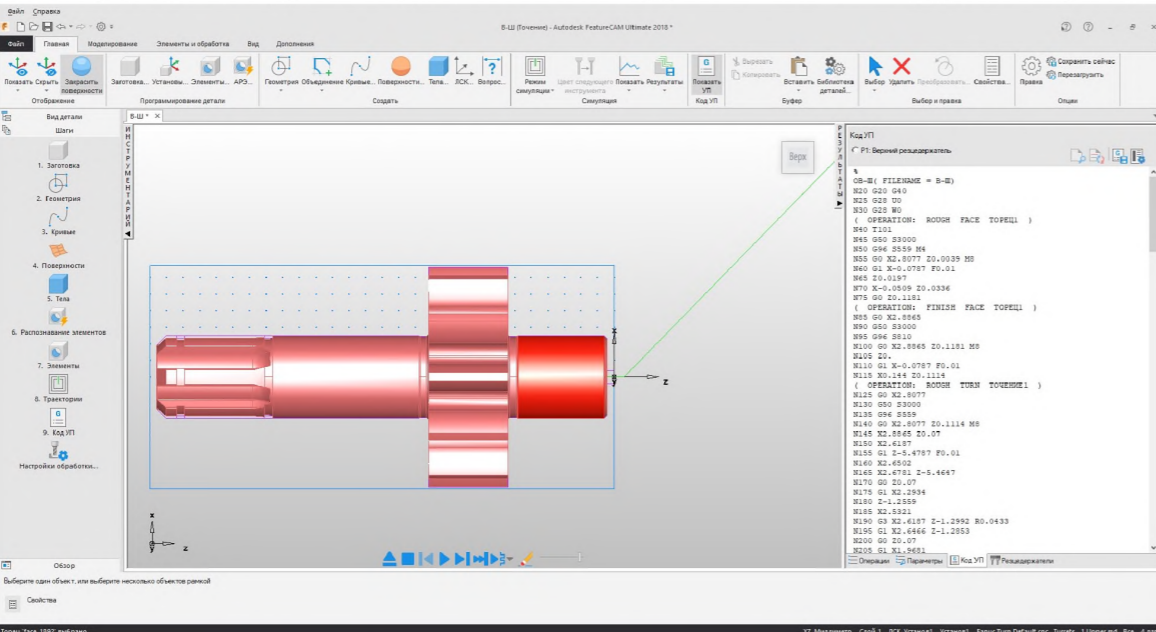
				<b>КНУ.КБР.131.24.1-01.АСРІ</b>			
				Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		Н		
Розробив	Базаєв			Лист	Листів 1		
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Н.контр.	Рязанцев						
Затв.	Нечаєв						



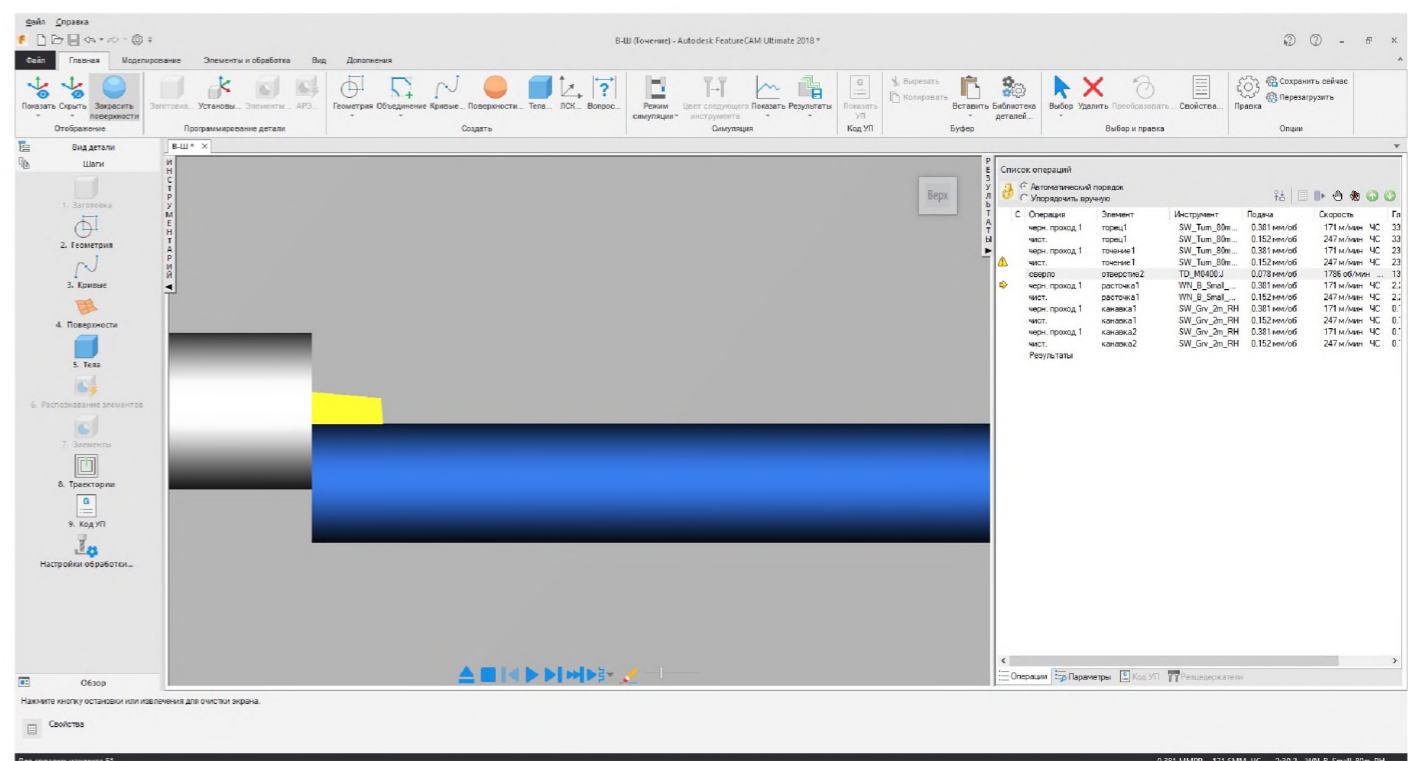
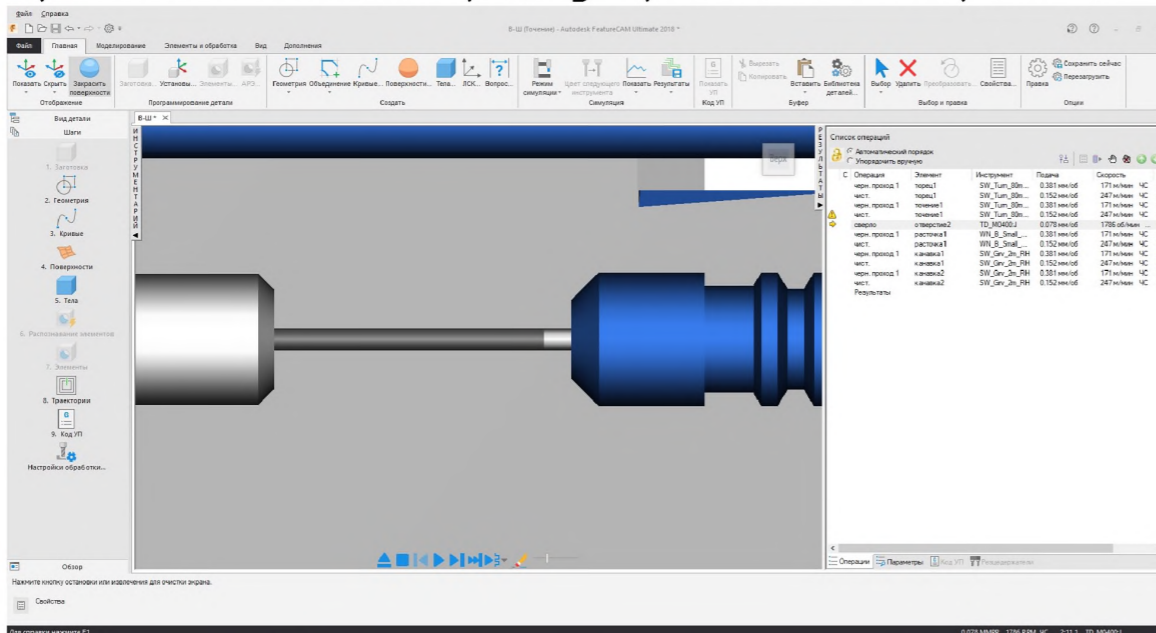
Траєкторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (свердління)



				<b>КНУ.КБР.131.24.1-01.МПМО</b>			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	<b>Моделювання процесу механічної обробки</b>	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Базаєв				Н		
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			<b>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</b>			
Затв.	Нечаєв						