

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 «Колесо черв'ячне» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав: здобувач  
групи ПМ-20  
Мазурок І.В.  
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 «Колесо черв'ячне» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Мазурок І.В.

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 Мазурок Ілля Васильович

**1. Тема:** Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Колесо черв'ячне» 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 «Колесо черв'ячне». 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. Колесо черв'ячне. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фреза черв'ячна. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

**6. Календарний план:**

<b>№ з/п</b>	<b>Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра</b>	<b>Термін виконання</b>
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

\_\_\_\_\_

/Мазурок І.В./



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 56 стор., 35 рисунки, 8 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: розробка оптимальної конструкторсько-технологічної підготовки для виготовлення «Колеса черв'ячного» барабану механізму підйому з використанням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР).

Об'єкт дослідження – процес виготовлення «Колеса черв'ячного» барабану механізму підйому.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка цього процесу з використанням САПР систем.

У сучасному виробничому середовищі ефективне виготовлення деталей для механізмів залежить від точності конструкторсько-технологічної підготовки процесів виробництва. Однією з таких ключових деталей є «Колесо черв'ячне» барабану механізму підйому, яке має важливе значення для надійності та функціональності механізму.

Актуальність дослідження полягає у пошуку оптимальних технологічних рішень та параметрів металорізального інструменту для виготовлення «Колеса черв'ячного» барабану механізму підйому. Зростання вимог до якості та точності деталей в сучасному машинобудуванні вимагає системного підходу до проектування та виробництва.

Вивчення та оптимізація цих процесів є важливим завданням для підвищення якості та ефективності виробництва в машинобудівній галузі.

Під час розробки використовувалися складові систем автоматизованого проектування, зокрема програмне забезпечення Solid Works та Autodesk. Здійснено інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення ключових елементів у конструкції. Цей аналіз був проведений за допомогою інструментів Solid Works Simulation.

КОЛЕСО ЧЕРВ'ЯЧНЕ, САПР, МОДЕЛЮВАННЯ, СИМУЛЯЦІЯ, ФРЕЗА ЧЕРВ'ЯЧНА, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ВЕРСТАТ З ЧПК.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.Р</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Мазцрук</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>Нечасів</i>								

## ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 56 pages, 35 figures, 8 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: development of optimal design and technological preparation for the manufacture of the "Worm Wheel" drum of the lifting mechanism using modern automated design systems (CAD).

The object of the study is the manufacturing process of the "Worm Wheel" drum of the lifting mechanism.

The subject of the research is the design and technological preparation of this process using CAD systems.

In the modern production environment, the effective production of parts for mechanisms depends on the accuracy of the design and technological preparation of production processes. One of these key parts is the "Worm Wheel" of the lifting mechanism drum, which is essential for the reliability and functionality of the mechanism.

The relevance of the research lies in the search for optimal technological solutions and parameters of the metal-cutting tool for the manufacture of the "Worm Wheel" drum of the lifting mechanism. Increasing requirements for the quality and accuracy of details in modern mechanical engineering require a systematic approach to design and production.

The study and optimization of these processes is an important task for improving the quality and efficiency of production in the engineering industry.

During development, components of automated design systems were used, including Solid Works and Autodesk software. An engineering analysis of a special cutting tool was carried out to determine the key elements in the design. This analysis was performed using Solid Works Simulation tools.

WORM WHEEL, CAD, MODELING, SIMULATION, WORM MILLER, CUTTING TOOL, CNC MACHINE.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.Р</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	17
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	17
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	23
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	23
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	24
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	29
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	30
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	32
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	35
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	35
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	36
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	55
Список використаних джерел	56

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.3</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Мазурок</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.131.24.1-12.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мазцрок</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

Для виконання кваліфікаційної роботи ми використовуємо початкові дані у вигляді креслення деталі під назвою «Колесо черв'ячне», її тривимірна модель наведена на рисунку 1.1.

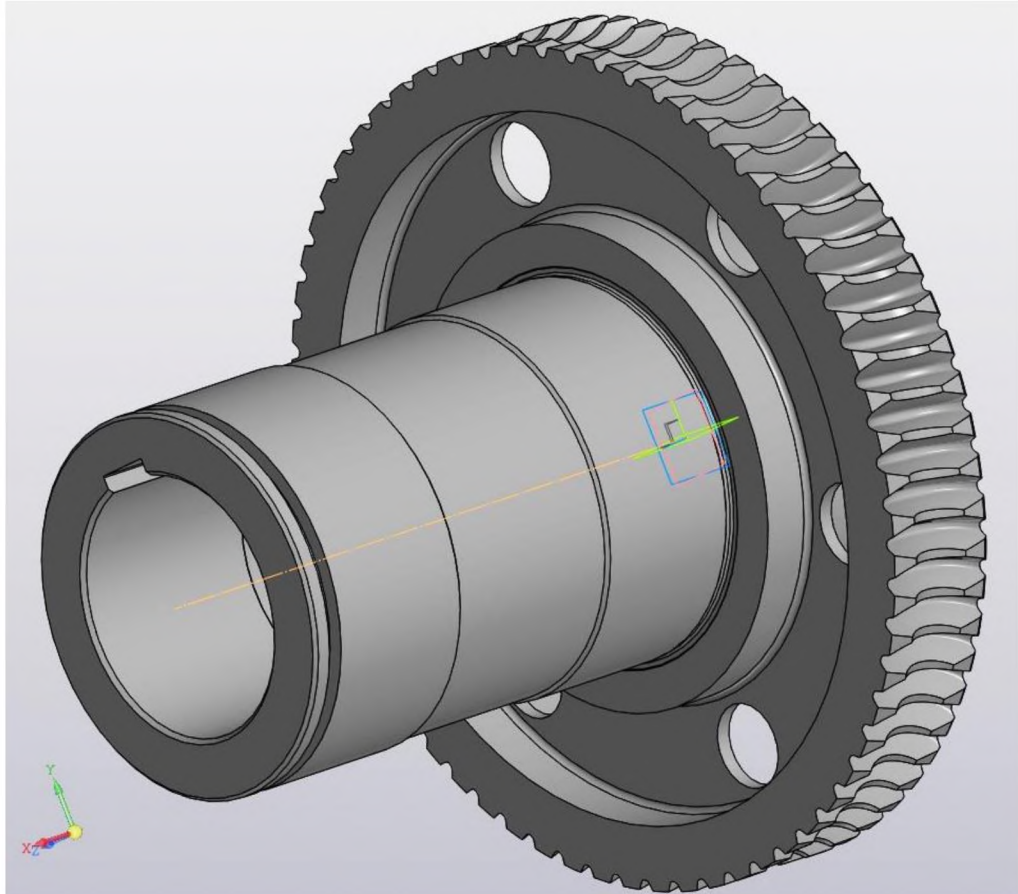


Рисунок 1.1 – Об'ємна деталь «Колесо черв'ячне»

Технічне завдання направлено на розробку оптимальної конструкторсько-технологічної підготовки для виготовлення «Колеса черв'ячного» барабану механізму підйому з використанням сучасних систем автоматизованого проектування (САПР). Завдання включають аналіз вимог до деталі, підбір оптимальних матеріалів, розробку технологічної послідовності виготовлення, а також обґрунтування параметрів металорізального інструменту.

Розмір замовлення – 2000 штук на рік.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.01.АСПМ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>					
Розроб.		<i>Мазурок</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>								
Реценз.								<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>								



170, призначений для охолодження деталей до температури, близької до температури відпуску. Завдяки швидкому обертанню під час охолодження, майже не відбувається скривлення деталей по довжині, що особливо важливо для високоміцних деталей, зокрема труб. Тому необхідно проводити холодне виправлення. Обвідні рольганги знаходяться наприкінці холодильника перед станами холодного виправлення, куди деталі направляються безпосередньо для обробки. Робота холодильника блюмінга відбувається в умовах коливання температури, вологості, постійних ударів та вібрацій.

### 1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Колесо черв'ячне з'єднується з іншою спряженою деталлю за допомогою шпонкового з'єднання. Тому проведемо аналіз параметрів точності цього сполучення.

Задане шпонкове з'єднання ( $\text{Ø}170 - 40 \times 22 - 1$ ).

$$1. D = 170; d = 170; b = 40; B_B = 40; B_{BT} = 40; h = 22; \\ a = d - t_1 = 170 - 13 = 157; A = D + t_2 = 170 + 9,4 = 179,4.$$

2.  $D = 170H9$  (поле допуску черв'ячного колеса);

$$d = 170s8;$$

$$b = 40h9;$$

$$h = 22h11;$$

$$B_B = 40H9;$$

$$a = 157h14;$$

$$B_{BT} = 40D10;$$

$$A = 179,4H14.$$

3.  $40h9: es = 0;$

$$ei = -62 \text{ мкм.}$$

$$40H9: ES_B = +62 \text{ мкм;}$$

$$EI_B = 0.$$

$$40D10: ES_{BT} = +180 \text{ мкм;}$$

$$EI_{BT} = +80 \text{ мкм.}$$

$$4. b_{max} = b_H + es = 40 + 0 = 40,0;$$

$$b_{min} = b_H - ei = 40 + (-0,062) = 39,938;$$

$$B_{Bmax} = B_B + ES_B = 40 + 0,062 = 40,062;$$

$$B_{Bmin} = B_B + EI_B = 40 + 0 = 40;$$

$$B_{BTmax} = B_{BT} + ES_{BT} = 40 + 0,180 = 40,180;$$

$$B_{BTmin} = B_{BT} + EI_{BT} = 40 + 0,080 = 40,080.$$

$$5. Tb = b_{max} - b_{min} = 40 - 39,938 = 0,062;$$

$$Tb = es - ei = 0 - (-62) = 62 \text{ мкм;}$$

$$TB_B = B_{Bmax} - B_{Bmin} = 40,062 - 40 = 0,062;$$

$$TB_B = ES_B - EI_B = 62 - 0 = 62 \text{ мкм;}$$

$$TB_{BT} = B_{BTmax} - B_{BTmin} = 40,180 - 40,080 = 0,100;$$

$$TB_{BT} = ES_{BT} - EI_{BT} = 180 - 80 = 80 \text{ мкм.}$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.  $40 \frac{H9}{h9}$  – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з зазором.

$40 \frac{D10}{h9}$  – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з зазором.

7. Шпонка – шпонковий паз вала.

$$S_{Bmax} = B_{Bmax} - b_{min} = 40,062 - 39,938 = 0,124;$$

$$S_{Bmax} = ES_B - ei = 62 - (-62) = 124 \text{ мкм};$$

$$S_{Bmin} = B_{Bmin} - b_{max} = 40 - 40 = 0;$$

$$S_{Bmin} = EI_B - es = 0 - 0 = 0.$$

Шпонка – шпонковий паз втулки.

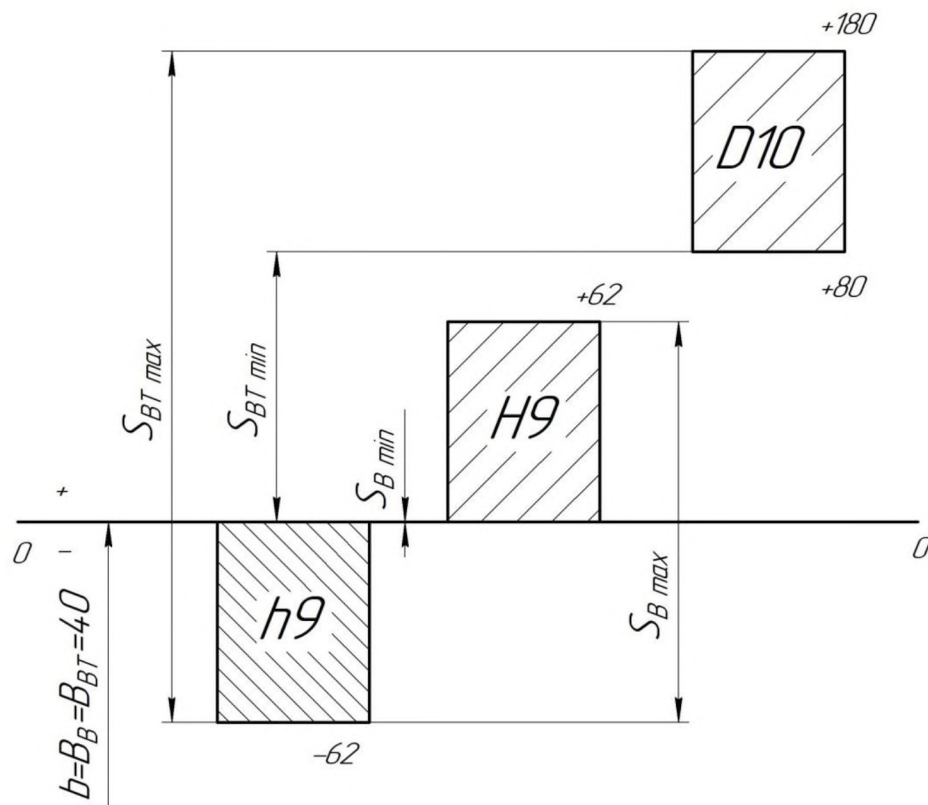
$$S_{BTmax} = B_{BTmax} - b_{min} = 40,180 - 39,938 = 0,242;$$

$$S_{BTmax} = ES_{BT} - ei = 180 - (-62) = 242 \text{ мкм};$$

$$S_{BTmin} = B_{BTmin} - b_{max} = 40,080 - 40 = 0,080;$$

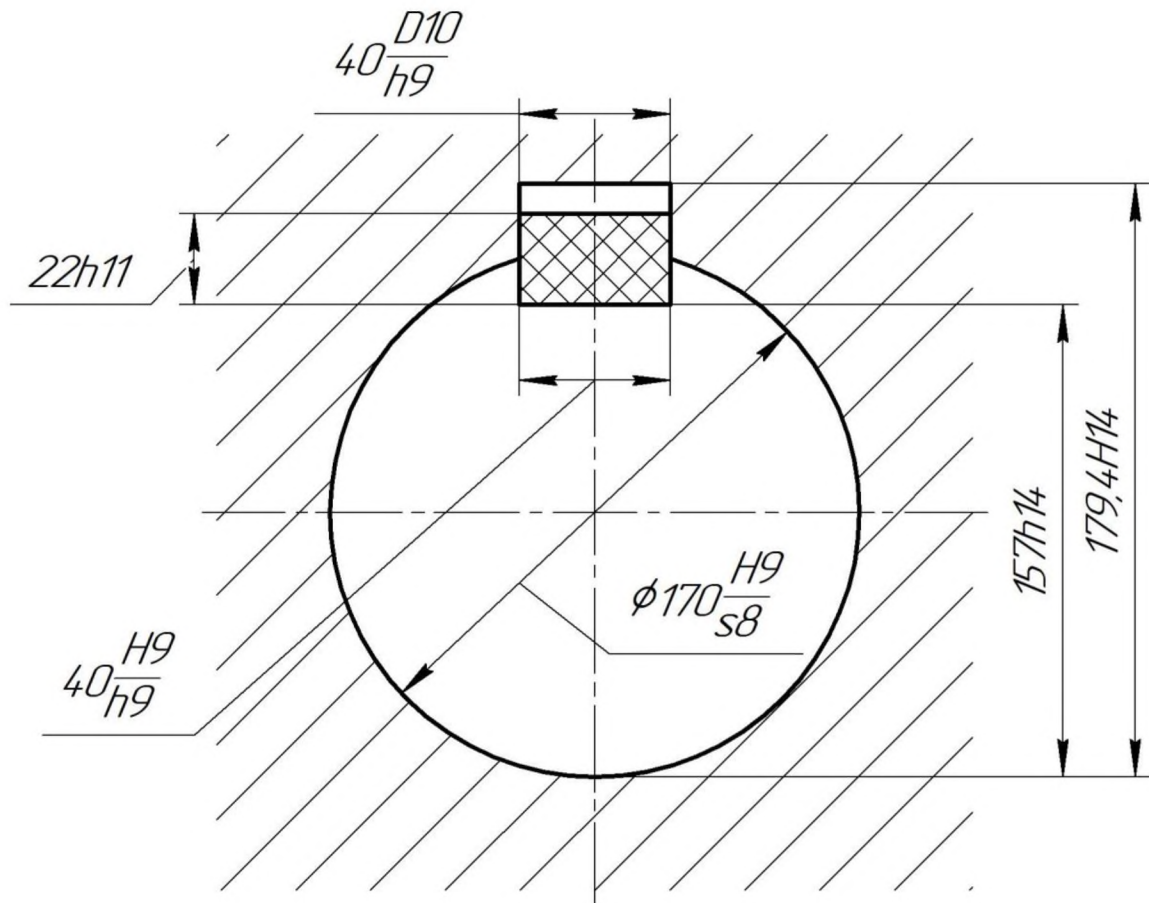
$$S_{BTmin} = EI_{BT} - es = 0,080 - 0 = 0,080 \text{ мкм}.$$

Схема полів, які допускаються для шпонкового з'єднання, можна побачити на рисунку 1.3, а схему з'єднання – на рисунку 1.4.



Рисунку 1.3 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання деталей

					КНУ.КБР.131.24.1-12.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунку 1.4 – Ескіз шпонкового з'єднання деталей

					КНУ.КБР.131.24.1-12.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

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

Черв'ячна передача призначена для передачі обертального руху валам, осі яких схрещуються під кутом  $90^\circ$ . Рух здійснюється за принципом гвинтової пари: гвинтом є черв'як, а черв'ячне колесо являє собою вузьку частину довгої гайки, зігнутої по колу різьбленням назовні. Зуби колеса мають увігнуту форму, що збільшує довжину контактних ліній, а отже, покращує якість роботи передачі. Заготовка для деталі «Колесо черв'ячне» – виливка зі сталі 50Л.

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

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 50Л та її замітника 55Л (ДСТУ 8781:2018),%

Матеріал	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
50Л	0,47- 0,55	0,2- 0,52	0,4- 0,9	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3	до 0,3
55Л	0,52- 0,6	0,2- 0,52	0,4- 0,9	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3	до 0,3

Таблиця 1.2. – Механічні властивості сталі 50Л та її замітника 55Л

Матеріал	$\sigma_B$ , Мпа	$\sigma_T$ , Мпа	$\delta_5$ , %	$\Psi$ , %	КСУ Дж/м <sup>2</sup>	Твердість НВ	Термообробка
Сталь 50Л	580	340	11	20	29	240	Гартування 860- 880°C в маслі, Відпуск 600-630°C
Сталь 55Л	600	350	10	18	24	255	Нормалізація 840 - 860°C, відпуск 600 - 630°C

### 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Враховуючи остаточні вимоги до точності та якості поверхонь деталей, ми вибираємо послідовне застосування технологічних методів обробки, які в сумі гарантують досягнення запланованої якості поверхні згідно з робочим кресленням.

Обрана послідовність обробки приводиться в таблиці 2.3. Нумерація поверхонь деталі «Колесо черв'ячне» представлена на рисунку 2.1.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Мазурок</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>Нечасів</i>						

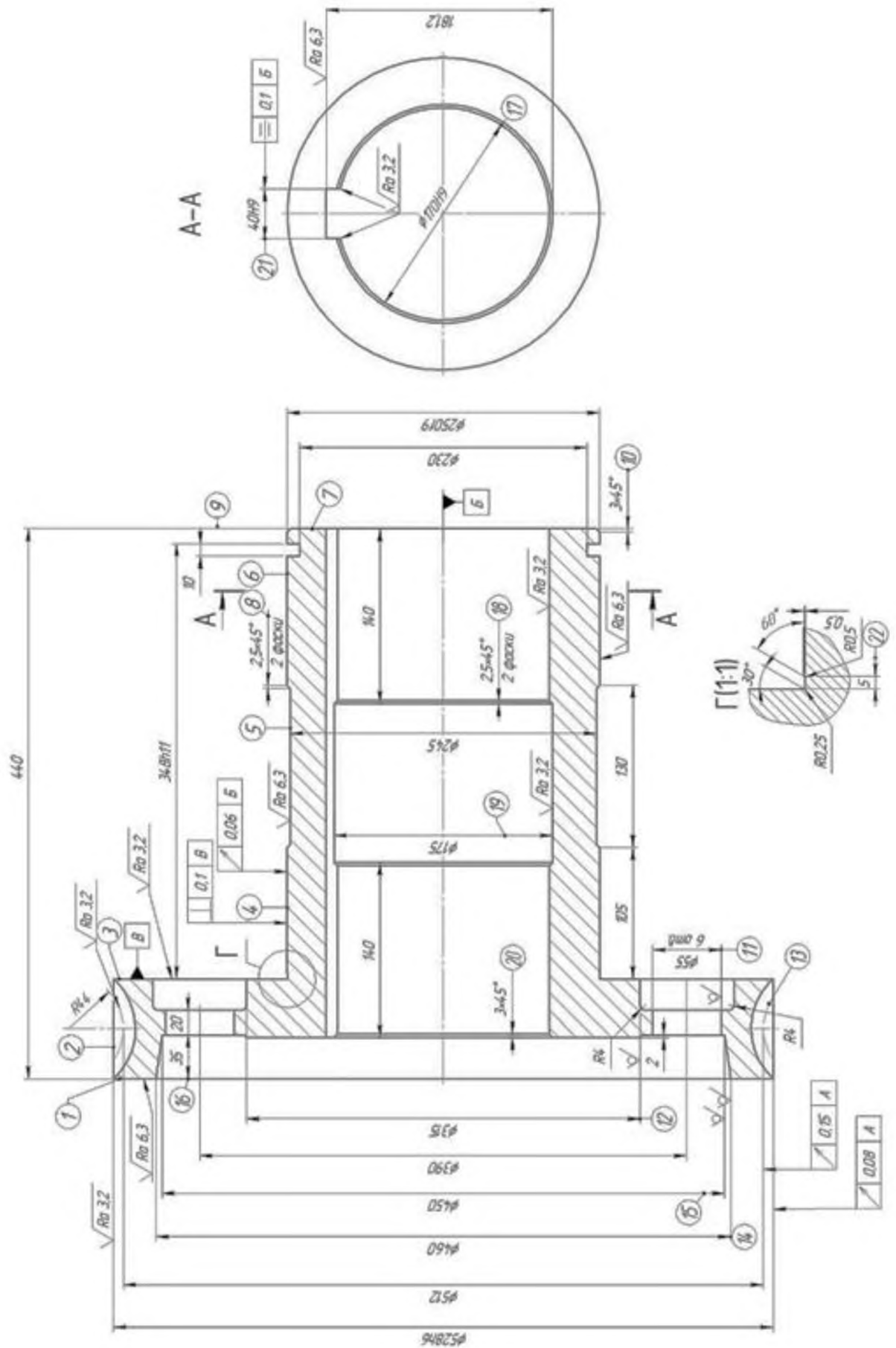


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Колесо черв'ячне»

					КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 2.3 – Послідовність технологічних методів обробки поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Шорстк., Ra	Допуск, IT	Послідовність технологічних методів обробки	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,7	440	12,5 6,3	14 h14	Підрізка торця чорнова Підрізка торця напівч.	
2	Ø528	12,5 6,3 3,2	12 9 h6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
3	80	12,5 6,3 3,2	14 14 h14	Підрізка торця чорнова Підрізка торця напівч. Підрізка торця чистова	
4	Ø250	12,5 12,5	12 f9	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
5	Ø245	12,5 6,3	14 h14	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
6	Ø250	12,5 6,3	12 f9	Точіння чорнове Точіння напівчистове	
8	2,5×45° (2 фаски)	12,5	h14	Точіння чорнове	
9	10	12,5 6,3 3,2	14 14 h14	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
10	3×45°	12,5	h14	Точіння чорнове	
11	Ø55(6 отв.)			Не обробляється	
12	Ø315			Не обробляється	
13	Ø512	6,3 3,2	14 h14	Нарізання зубів чорнове Нарізання зубів чистове	
14	Ø460			Не обробляється	
15	Ø450			Не обробляється	
1,16	35	12,5	h14	Розточування чорнове	
17	Ø170	12,5 6,3 3,2	14 12 H9	Розточування чорнове Розточування напівчист. Розточування чистове	
18	2,5×45° (2 фаски)	12,5	h14	Точіння чорнове	
19	Ø175	12,5 6,3 3,2	14 14 h14	Розточування чорнове Розточування напівчист. Розточування чистове	
20	3×45°	12,5	h14	Точіння чорнове	

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

КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД

Арк.

## Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6			
21	40	12,5 6,3 3,2	14 12 H9	Протягування чорнове Протягування напівчист. Протягування чистове	<table border="1"> <tr> <td>≡</td> <td>0,1</td> <td>Б</td> </tr> </table>	≡	0,1	Б
≡	0,1	Б						
22	5	12,5	h14	Точіння чорнове				

## 2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталі зображено головний вид «Колеса черв'ячного» у розрізі, переріз А-А в масштабі 1:2 та додатковий вид Б (1:1), на якому зображено канавку для виходу шліфувального круга. Проставлено всі необхідні розміри, шорсткість (невказана шорсткість) та допуски на відхилення розмірів, які необхідні для виготовлення деталі. Додатково міститься таблиця з параметрами зубчастого вінця.

## 2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Маршруту обробки деталі наступний (послідовність операцій):

005 – Токарна чорнова операція (2 установи).

010 – Термообробка.

015 – Токарна з ЧПК операція (2 установи).

020 – Зубофрезерна операція.

025 – Довбальна операція.

030 – Контрольна операція.

Чорнові операції виконуємо на токарно-гвинторізному верстаті Opti TU8020.



Рисунок 2.2 – Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020

## Технічні характеристики верстата

Висота центрів, мм..... 400  
 Найбільша довжина оброблюваної деталі, мм.....2000  
 Найбільший діаметр обробки над станиною, мм.....800

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільший діаметр обробки над супортом, мм .....	570
Найбільший діаметр обробки над виїмкою станини, мм .....	1035
Довжина виїмки станини, мм .....	250
Частота обертання шпинделя, об / хв.....	25 - 1600
Кількість ступенів .....	16
Внутрішній конус шпинделя .....	МК 7
Приєднувальна поверхня шпинделя .....	Camlock ASA D1 - 8 "
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм.....	105
Хід верхньої каретки супорта, мм .....	230
Хід поперечної каретки супорта, мм.....	420
Поздовжня подача (25 кроків).....	0,044 - 1,48 мм / об
Поперечна подача (25 кроків) .....	0,022 - 0,74 мм / об
Межі кроку нарізаємих метричних різьб (54 кроки) .....	0,45 - 120 мм
Межі кроку нарізаємих дюймових різьб (60 кроків) .....	7/16 - 80 ниток/дюйм
Межі кроку нарізаємих трапецеїдальних різьб (42 кроки) .....	7/8 - 160
Межі кроку нарізаємих модульних різьб (46 кроків) .....	0,25 - 60
Висота державки різця макс.....	32 мм
Внутрішній конус пінолі задньої бабки .....	МК 5
Хід пінолі задньої бабки.....	235 мм
Габаритні розміри, мм.....	3740x1230x1595
Вага верстата, кг.....	3505

Чистові токарні операції виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі BNC 2800A



Рисунок 2.3 – Токарний верстат з ЧПК моделі BNC 2800A

Технічні характеристики:

Модель.....	BNC 2800A
Система управління.....	FAGOR 8055i/A TC
Часи роботи.....	5400 годин
Макс. довжина точіння.....	6000 мм
Макс. Ø точіння над супортом.....	370 мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Макс. Ø точіння над станиною .....	710 мм
Отвір в шпинделі Ø.....	153 мм
Макс. маса заготовки .....	3000 кг
Кріплення шпинделя .....	ASA A1-8
Інструментальних місць в револьвері.....	12
Кріплення інструменту .....	VDI 40
Прискорена подача по осі X.....	10 м/хв
Прискорена подача по осі Z .....	12 м/хв
Задня бабка: конус.....	Морзе 6
Піноль задньої бабки, хід / діаметр .....	230 мм / 125 мм
обороти шпинделя .....	до 1480 об / хв
Потужність приводу шпинделя.....	15/22 кВт
Об'єм бака МОР.....	100 л
Загальна потужність верстата.....	31 кВА
Робоча напруга.....	400 В / 50 Гц
Вага верстата.....	8300 кг

Протягування шпонкового пазу виконуємо на верстаті HNZ 70/650 TA easy.



Рисунок 2.4 – Протяжний верстат HNZ 70/650 TA easy  
Технічні характеристики

Довжина ходу, (макс) мм.....	650
Ширина канавки, (макс) мм.....	70
Сила тяги, макс кН . .....	30
Швидкість різання, м/хв .....	1-20
Швидкість повернення, (макс) м/хв .....	30
Потужність приводу, кВт .....	5

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стіл верстату, мм .....	550x500
Базова поверхня, мм.....	1000x1000
Висота, мм.....	1500

Нарізання зубів виконуємо на зубофрезерному верстаті з ЧПК GearSpect SF 800/1250 CNC.



Рисунок 1.4 – Зубофрезерний верстат з ЧПК GearSpect SF 800/1250 CNC

#### Технічні характеристики

Найбільший діаметр зачеплення, мм .....	1 250
Максимальний модуль, мм .....	14 (16)
Максимальний осьовий рух супорта фрези, мм .....	600
Максимальний еліптичний кут ° .....	± 45
Максимальний діаметр фрези, мм.....	220
Максимальна довжина фрези, мм .....	260
Максимальне переміщення фрези, мм .....	220
Відстань від осі фрези до осі столу, мм .....	100 - 780
Відстань від осі фрези до поверхні столу, мм .....	200 - 800
Відстань від упорного центру до поверхні столу, мм .....	500 - 1 100
Діаметр столу, мм .....	900
Діаметр отвору столу, мм .....	180
Внутрішній конус шпинделя ISO .....	50
Швидкість обертання шпинделя фрези (вісь В), об / хв .....	275
Швидкість обертання столу (вісь С), об / хв .....	24
Швидкість радіальної подачі (вісь Х), мм / хв .....	1 500
Швидкість - осьове переміщення фрези (вісь Y), мм / хв .....	1 500
Швидкість осьової подачі (вісь Z), мм / хв .....	1 500
Потужність головного двигуна, кВт .....	30
Потужність верстата, кВА.....	67
Вага верстата, кг .....	27 000

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

№ з/п	Найменування операції	Тип верстата	Примітка
1	2	3	4
1,7	Підрізання торця чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Підрізання торця напівчистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
2	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Точіння напівчистове, чистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
3	Підрізання торця чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Підрізання торця напівчистове, чистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
4	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Точіння напівчистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
5	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Точіння напівчистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
6	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Точіння напівчистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
8	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
9	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Точіння напівчистове, чистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
10	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
13	Нарізання зубів чорнове	Зубофрезерний верстат з ЧПК GearSpect SF 800/1250 CNC.	-
	Нарізання зубів чистове		
1,16	Розточування чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
17	Розточування чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
17	Розточування напівчистове, чистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
18	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
19	Розточування чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
	Розточування напівчистове, чистове	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	
20	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-
21	Протягування чорнове, напівчистове, чистове	Протяжний верстат HNZ 70/650 TA easy	-
22	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат Opti TU8020	-

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.02.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 сучасних технологій обробки поверхонь окремих деталей, ми відбираємо необхідні інструменти для різання металу. Для кожної поверхні деталі ми підбираємо відповідний інструмент. Отримані результати вводяться у табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип інструмента
1	2	3
1,7	Підрізання торця чорнове	Підрізний різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 26611:2008
	Підрізання торця напівчистове	Державка DCLNR2525M12-М , пластинкаCNMG 120412-М3, покриття TP1000
2,3,9	Точіння чорнове	Прохідний упорний різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 26611:2008
	Точіння напівчистове	Державка DCLNR2525M12-М , пластинкаCNMG 120412-М3, покриття TP1000
	Точіння чистове	Державка SWLCR1616H06 Пластинка WCMТ06Т302-F1, покриття TP2000
4,5,6	Точіння чорнове	Прохідний упорний різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 26611:2008
	Точіння напівчистове	Державка DCLNR2525M12-М , пластинкаCNMG 120412-М, покриття TP1000
8,10,18, 20,22	Точіння чорнове	Різець прохідний відігнутий ДСТУ ГОСТ 26611:2008
13	Фрезерування зубів чорнове Фрезерування напівчистове Фрезерування чистове	Фреза черв'ячна спеціальна
16	Розточування чорнове	Різець розточний Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18873:2008

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>					
Розроб.		<i>Мазурок</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>								
Реценз.								<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>								
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>								



Продовження таблиці 3.1

1	2	3
17,19	Розточування чорнове, напівчистове	Державка A32TPCLNR12, пластинка CNMG 120412-M3, покриття – TP1500
	Розточування чистове	Державка A20R-SDUCR11, пластинка DCMT11T304-F2, покриття TP2000
21	Протягування чорнове Потягування напівчист. Протягування чистове	Протяжка шпонкова

## 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Зовнішня обробка, позиції: 1,2,3,4,5,6,7,9.

Чорнове точіння зовнішніх поверхонь та підрізання торців.

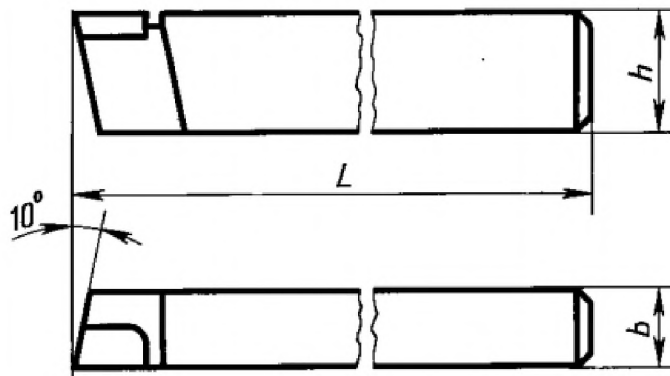
Геометричні параметри:  $h=25\text{мм}$ ;  $b=16\text{мм}$ ;  $L=120\text{мм}$ 

Рисунок 3.1 – Прохідний упорний різець T5K10 ДСТУ ГОСТ 26611:2008

Використовуємо каталог металорізального інструменту фірми «SECO» [6]

Зовнішня обробка, позиції : 1,2,3,4,5,6,7,9.

Напівчистове точіння зовнішніх поверхонь та підрізання торців.

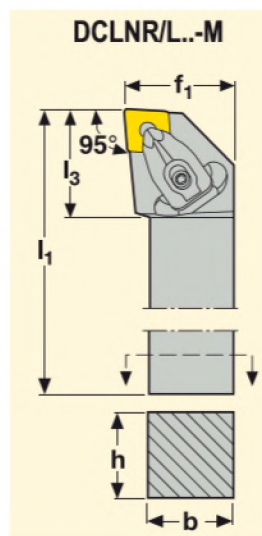


Рисунок 3.2 – Державка DCLNR2525M12-M [6, с.82]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри  $h=25\text{мм}$ ;  $b=25\text{мм}$ ;  $l_1=150\text{мм}$ ;  $l_3=32\text{мм}$ ;  $f=32\text{мм}$

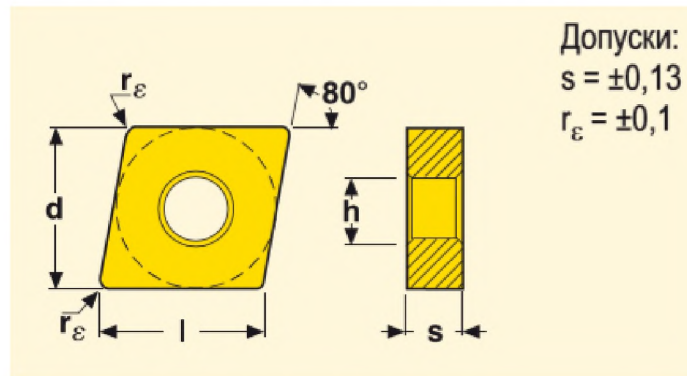


Рисунок 3.3 – Пластика CNMG 120412-M3, покриття – TP1500 [6, с.197]

Геометричні параметри пластинки:  $d=12,7\text{мм}$ ;  $t=4,76\text{мм}$ ;  $r = 1,2\text{мм}$ .

Зовнішня обробка, позиції 2,3,9.

Чистове точіння зовнішніх поверхонь та підрізання торців.

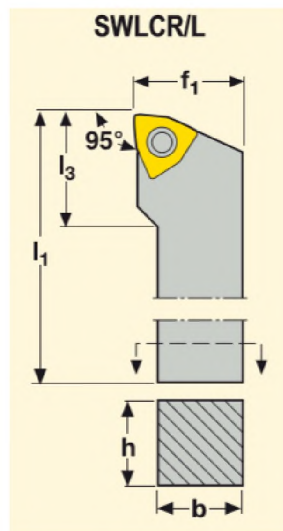


Рисунок 3.4 – Державка SWLCR1616H06 [6, с.130]

Геометричні параметри:  $h=16\text{мм}$ ;  $b=16\text{мм}$ ;  $l_1=100\text{мм}$ ;  $l_3=20\text{мм}$ ;  $f=20\text{мм}$

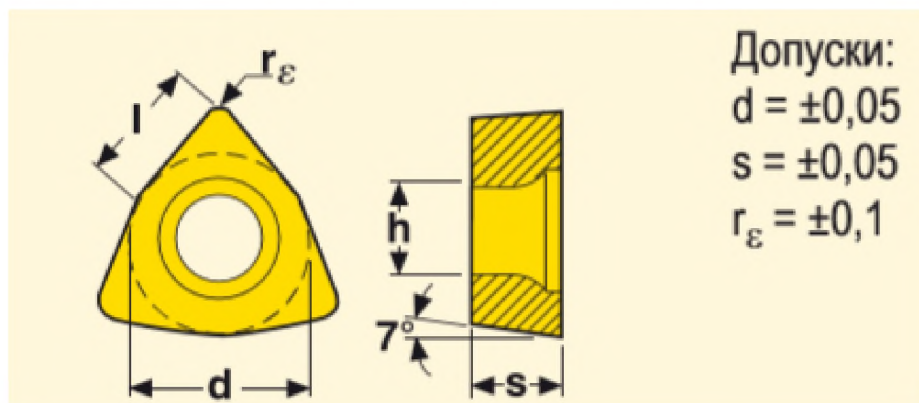


Рисунок 3.5 – Пластика WCMT06T302-F1, покриття TP2000 [6, с. 227]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри пластинки:  $d=9,52\text{мм}$ ;  $t=3,97\text{мм}$ ;  $r=0,2\text{мм}$ .  
Зовнішня обробка, позиції 8,10,18,20,22.  
Точіння фасок.

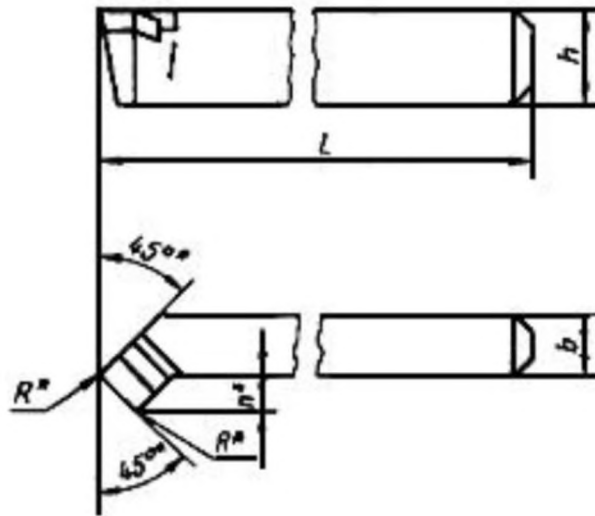


Рисунок 3.6 – Різець прохідний відігнутий ДСТУ ГОСТ 26611:2008

Геометричні параметри:  $h=25\text{мм}$ ,  $b=25\text{мм}$ ,  $L=170\text{мм}$ .  
Внутрішня обробка, позиції 16,17,19.  
Чорнова та напівчистова обробка отворів.

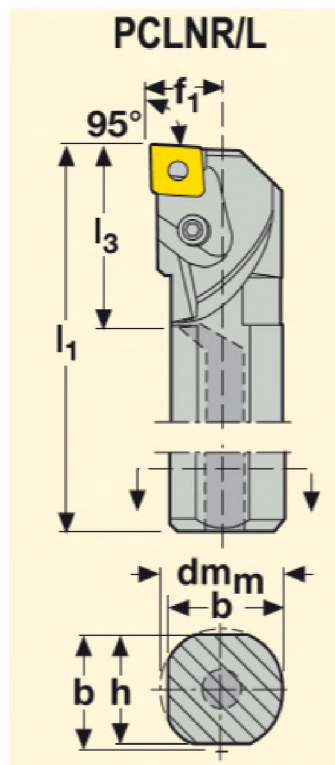


Рисунок 3.7 – Державка А32ТРСLNR12 [6, с. 151]

Геометричні параметри:  $d_{m,m} = 32$ ,  $h=30$ ,  $b=31$ ,  $l_1 = 300$ ,  $f_1 = 22$ ,  $l_3 = 50$ ,  
 $D_{m,min} = 40$ .

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

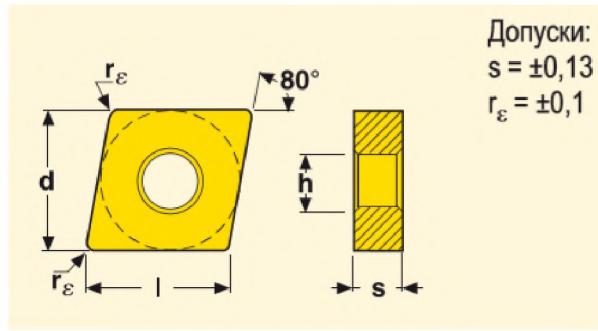


Рисунок 3.8 – Пластинка CNMG 120412-M3, покриття – TP1500 [6, с. 197]

Геометричні параметри пластинки:  $d=12,7\text{мм}$ ;  $t=4,76\text{мм}$ ;  $r = 1,2\text{мм}$ .

Внутрішня обробка, позиції 17,19.

Чистова обробка отворів.

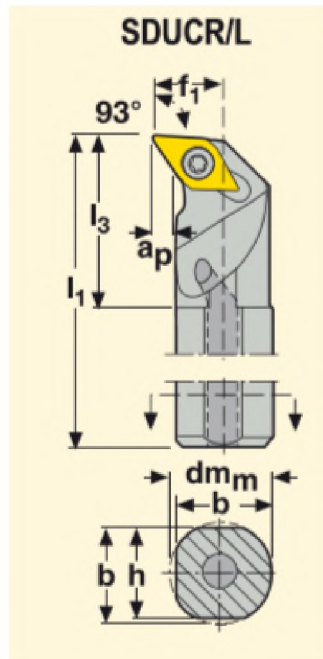


Рисунок 3.9 – Державка A20R-SDUCR11 [6, с. 171]

Геометричні параметри:  $d_{m_m} = 20$ ,  $h=18$ ,  $b=19$ ,  $l_1 = 200$ ,  $f_1 = 13$ ,  $l_3 = 30$ ,  
 $D_{m_{min}} = 25$ .

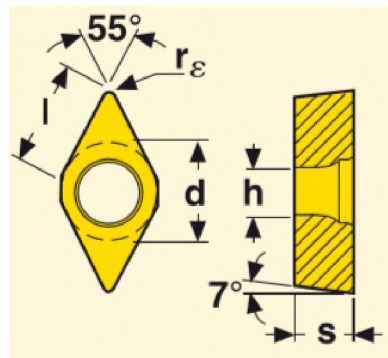


Рисунок 3.10 – Пластинка DCMT11T304-F2, покриття TP2000 [6, стр. 202]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри пластинки:  $d=9,52\text{мм}$ ;  $t=3,97\text{мм}$ ;  $r = 0,4\text{мм}$ .

Обробка шпонкового пазу, позиція – 21.

Протягування пазу чорнове, напівчистове та чистове.

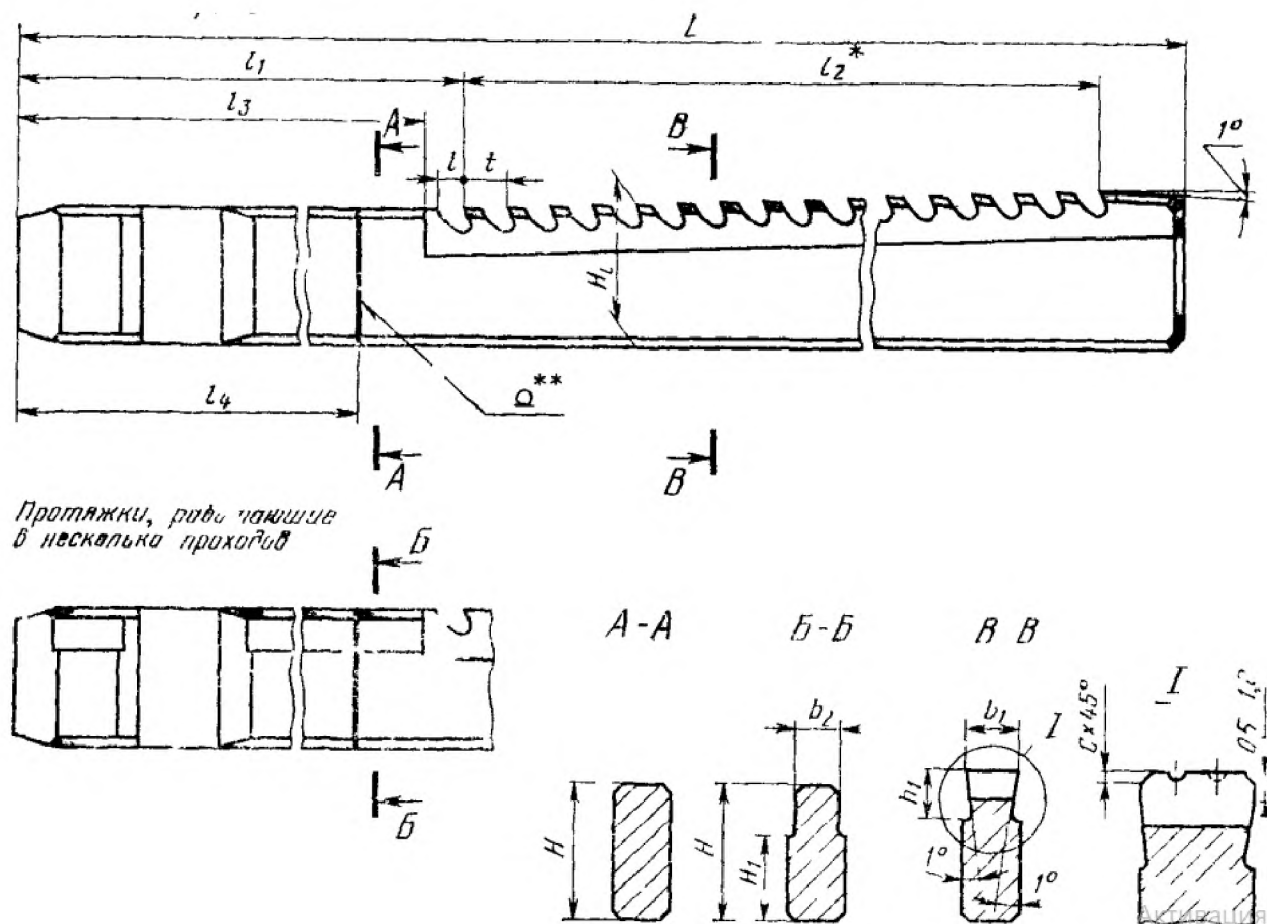


Рисунок 3.11 – Протяжка шпонкова ДСТУ ГОСТ 18217:2008

Геометричні параметри:  $b_1=39,964\text{мм}$ ;  $b_2=39,903\text{мм}$ ;  $H=60\text{мм}$ ;  $H_1=45\text{мм}$ ;  $h_1=20,5\text{мм}$ ;  $L=1380\text{мм}$ ;  $l=13\text{мм}$ ;  $l_1=378\text{мм}$ ;  $l_2=954\text{мм}$ ;  $l_3=362\text{мм}$ ;  $Z=54$

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
1,7	Прохідний упорний різець	Чорнова - Т5К10	Сталь 40	$\varphi=90^\circ$ , $\varphi_1 = 10^\circ$ $\alpha=8^\circ$ , $r=6\text{мм}$
		Напівч. - TP1000	DCLNR2525M12-M	$\varphi=95^\circ$ , $\varphi_1 = 5^\circ$ $\alpha=0^\circ$ , $\gamma=-6^\circ$ , $\lambda=-6^\circ$ , $r=1,2\text{мм}$

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

КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
2,3,9	Прохідний упорний різець	Чорнова – Т5К10,	Сталь 40	$\varphi=90^\circ, \varphi_1 = 10^\circ$ $\alpha=8^\circ, r=6\text{мм}$
		Напівч.-ТР1000	DCLNR2525M12-M	$\varphi=95^\circ, \varphi_1 = 5^\circ$ $\alpha=0^\circ, \gamma=-6^\circ, \lambda=-6^\circ$ $r = 1,2\text{мм}$
		Чистова – ТР2000	SWLCR1616H06	$\varphi=95^\circ, \alpha=7^\circ,$ $\gamma=0^\circ, \lambda=0^\circ$ $r=0,2\text{ мм}$
4,5,6	Прохідний упорний різець	Чорнова – Т5К10,	Сталь 40	$\varphi=90^\circ, \varphi_1 = 10^\circ,$ $\alpha=8^\circ, r=6^\circ$
		Напівч.-ТР1000	DCLNR2525M12-M	$\varphi=95^\circ, \varphi_1 = 5^\circ$ $\alpha=0^\circ, \gamma=-6^\circ, \lambda=-6^\circ$ $r = 1,2\text{мм}$
8,10,18 20,22	Прохідний відігнутий різець	Чорнова – Т5К10	Сталь 40	$\varphi=45^\circ, \varphi_1 = 45^\circ,$ $\alpha=10^\circ$
16	Різець розточний	Чорнова – ТР1000	A32TPCLNR12	$\varphi=5^\circ, \varphi_1 = 95^\circ,$ $\alpha=0^\circ, r=1,2\text{мм}$
13	Фреза черв'ячна	P6M5	P6M5	$m=8, z_0 = 12$
17,19	Різець розточний	Чорнова – Т5К10, Напівч. - ТР1000	A32TPCLNR12	$\varphi=5^\circ, \varphi_1 = 95^\circ,$ $\alpha=0^\circ, \gamma=-6^\circ, \lambda=-12^\circ$ $r=1,2\text{мм}$
		Чистова – ТР1500	A20R-SDUCR11	$\varphi=32^\circ, \varphi_1 = 93^\circ,$ $\alpha=7^\circ, \gamma=0^\circ, \lambda=-5^\circ$ $r=0,4\text{мм}$
21	Протяжка шпонкова	P6M5	P6M5	$L=1380\text{мм},$ $l_2=954\text{мм}$

### 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 режими різання) визначаються сили різання. Бажано включити автоматизований розрахунок режимів різання. Прийнятий інструмент перевіряється на міцність для найбільш навантажених умов обробки.

Для розрахунку обираємо прохідний упорний різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 26611:2008, так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця:  $h=25\text{мм}; b=16\text{мм}; L=120\text{мм};$

					<i>КНУКБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал різця – сталь 40 з межею міцності  $\sigma_B = 650\text{МПа}$  і допустимою напругою  $\sigma_{\text{ид}} = 200\text{МПа}$ . Матеріал заготовки – сталь 50Л з межею міцності  $\sigma_B = 580\text{МПа}$ . Діаметр заготовки – 538мм, припуск на обробку (на сторону – 5 мм), подача  $S=0.8$  мм/об, виліт різця  $l=65$  мм.

1. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 9,81 C_{p_z} t^{x_{p_z}} S^{y_{p_z}} K_{p_z}; \text{ Н}$$

де  $K_{p_z} = 0,36$  – сумарний поправочний коефіцієнт;

$x_{p_z} = 1$  – показник степені при глибині різання;

$y_{p_z}=0,75$  – показник степені при подачі.

$$P_z = 9,81 \times 300 \times 5^1 \times 0,8^{0,75} \times 0,36 = 4503\text{Н}$$

2. Ширина і висота перетину державки  $h=25$  мм,  $b=16$  мм.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{ид}}}{6l} = \frac{16 \times 10^{-3} (25 \times 10^{-3})^2 \times 200 \times 10^6}{6 \times 65 \times 10^{-3}} = 5128\text{Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \times 0,1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11} \times 2,08 \times 10^{-8}}{(65 \times 10^{-3})^3} = 4544\text{Н}$$

де  $f=0,1\text{мм}$  – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

$J$  – Момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{16 \times 25^3}{12} = 20833\text{мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$5128 > 4503 < 4544$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

### 3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи характеристики поверхонь для установки верстатів для обробки та параметри монтажу різального інструменту, визначаємо необхідні типи допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів для кожного вибраного різального інструменту. Дані занесено до табл. 3.3.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Металорі- зальний верстат (тип, модель)	Параметри посадочного місця верстату під інструмент	Тип ріжучого інструменту	Параметри посадоч. місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5	6
1,7	Opti TU8020	-	Прохідний упорний різець 2103-0007 ДСТУ ГОСТ 26611:2008	h=25мм; b=16мм	-
	BNC 2800A	Револьверна головка VDI 40/50 h=32мм, b=32мм	Прямий прохідний різець, державка DCLNR2525M12- М	h=25мм; b=25мм	Різцетримач радіальний короткий, тип 509.32.32 B2:50x32x55, DIN 69880
2,3,9	Opti TU8020	-	Прохідний упорний різець 2103-0007 ДСТУ ГОСТ 26611:2008	h=25мм; b=16мм	-
	BNC 2800A	Револьверна головка VDI 40/50 h=32мм, b=32мм	Прямий прохідний різець, державка DCLNR2525M12- М	h=25мм; b=25мм	Різцетримач радіальний короткий, тип 509.32.32 B2:50x32x55, DIN 69880
		Револьверна головка VDI 40/50 h=32мм, b=32мм	Прямий прохідний різець, державка SWLCR1616H06	h=16мм; b=16мм	Різцетримач радіальний короткий, Тип 509.32.32 B2:50x32x55, DIN 69880
4,5,6	Opti TU8020	-	Прохідний упорний різець 2103-0007 ДСТУ ГОСТ 26611:2008	h=25мм; b=16мм	-
	BNC 2800A	Револьверна головка VDI 40/50 h=32мм, b=32мм	Прямий прохідний різець, державка DCLNR2525M12- М	h=25мм; b=25мм	Різцетримач радіальний короткий, тип 509.32.32 B2:50x32x55, DIN 69880

					<i>КНУКБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
8,10, 18,20, 22	Opti TU8020	-	Прохідний відігнутий різець 2101-1117 ДСТУ ГОСТ 26611:2008	h=25мм; b=25мм	-
13	GearSpect SF 800/1250 CNC	-	Фреза черв'ячна спеціальна	d=50мм	Оправка за ДСТУ ГОСТ 15067:2008
16, 17, 19	BNC 2800A	Револьве рна головка VDI 40/50 h=32мм, b=32мм	Різець розточний, державка A32TPCLNR12	d=32 мм	Тримач для розточних різців, тип: E2 509.52.32 E2-50x32 DIN 69880
		Револьве рна головка VDI 40/50 h=32мм, b=32мм	Різець розточний, державка A20R-SDUCR11	d=20 мм	Тримач для розточних різців, тип: E2 509.52.20 E2-50x20 DIN 69880
21	HNZ 70/650 TA easy	-	Протяжка шпонкова, позначення 2405-1767 ДСТУ ГОСТ 18217:2008	-	-

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

Інструментальна система включає в себе різноманітні різальні та допоміжні інструменти, які розташовані від основного різального знаряддя до посадочних площин металорізального верстата. Налаштування інструментів відбувається згідно з характеристиками виробу та вимогами технологічного процесу, включаючи комплексне поєднання ріжучих і допоміжних засобів.

Розробку інструментального налагодження проводимо на токарну операцію на верстаті з ЧПК моделі BNC 2800A.

Згідно з технологічним процесом, інструментальний комплекс формується на основі інформації, представленої у таблицях 3.1-3.3. Після цього дані переносяться до табл. 3.4.

					<i>КНУКБР.131.24.1-12.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.4 – Структура інструментального комплексу

№ пов.	Металорізальний верстат (тип, модель)	Різучий інструмент (шифр інструмента)	Допоміжний інструмент (шифр інструмента)	Геометричні параметри допоміжного інструменту
1-7	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	Державка DCLNR2525M12-M, пластинка CNMG 120412-M3	Різцетримач радіальний короткий, тип 509.33.32, В3:50x32x55, DIN 69880	$d_1 = 50$ мм, $h_1 = 32$ мм, $L_2 = 55$ мм, $L_1 = 30$ мм, $b_1 = 100$ мм, $b_2 = 50$ мм, $b_3 = 16$ мм, $h_5 = 60$ мм, $h_6 = 50$ мм
17, 19	Токарний верстат з ЧПК BNC 2800A	Державка A20R-SDUCR11, пластинка DCMT11T304-F2	Тримач для розточних різців, тип: E2 509.52.20 E2-50x20, DIN 69880	$d_1 = 50$ мм, $d_2 = 20$ мм, $d_6 = 98$ мм, $d_8 = 68$ мм, $h_1 = 35$ мм, $L_3 = 30$ мм, $L_6 = 90$ мм

Обраний допоміжний інструмент, що використовується на токарних операціях, представлено на рис. 3.12 та 3.13.

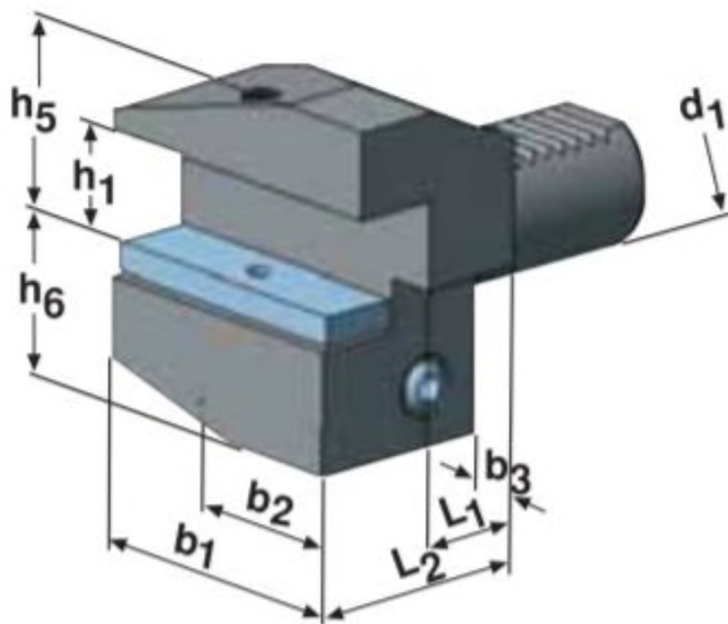


Рисунок 3.12 – Різцетримач форми В3 правий, короткий

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-12.03.ВРДІ					

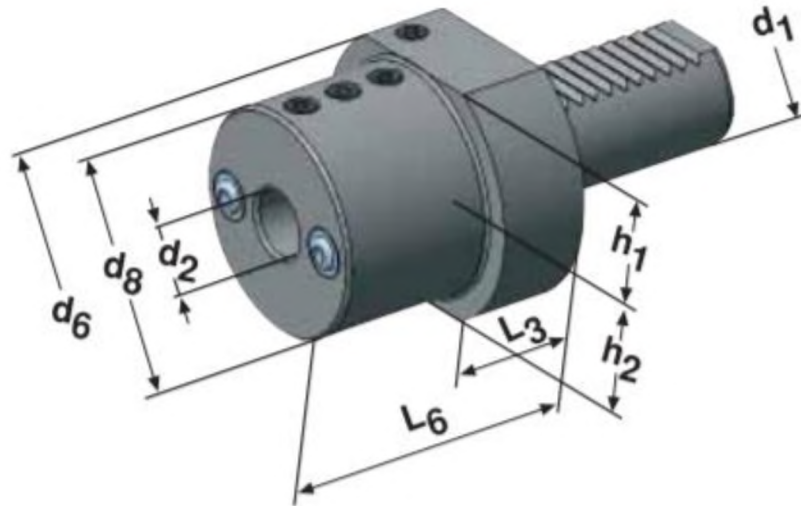


Рисунок 3.13 – Тримач для розточних різців форми E2

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.03.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 вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – черв'ячної фрези.

Вихідні дані:

Фреза – двозахідна;

Модуль –  $m = 8$ ;

Матеріал заготовки – Сталь 50Л;

Верстат – зубофрезерний з ЧПК GearSpect SF 800/1250 CNC.

Конструювання і розрахунок черв'ячної фрези для обробки деталі «Колесо черв'ячне» виконуємо за ISO 2490:2007.

Порядок розрахунку:

1. Основні конструктивні та розрахункові розміри фрези – фреза класу АА, тип 2:

- зовнішній діаметр фрези –  $d_{a0} = 150$  мм
- діаметр посадочного отвору –  $d = 50$  мм
- діаметр буртика –  $d_1 = 75$  мм
- довжина фрези –  $L = 180$  мм
- ширина буртиків –  $l = 5$  мм
- число зубів –  $Z_0 = 9$

2. Розміри профіля зубів в нормальному розрізі:

- крок профіля зуба –  $P_{n0} = 34,557$  мм
- товщина зуба –  $S_{n0} = 17,58$  мм
- висота зуба –  $h_0 = 27,5$  мм
- висота головки зуба –  $h_{a0} = 13,75$  мм
- висота ніжки зуба до фланця –  $h_{f0} = 6,05$  мм
- товщина фланця найбільша –  $a_f = 0,077$  мм
- радіус заокруглення головки зуба –  $r_a = 4,18$  мм
- радіус заокруглення зуба –  $r_f = 3,3$  мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.04.ПІАРІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Мазурок</i>			<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						



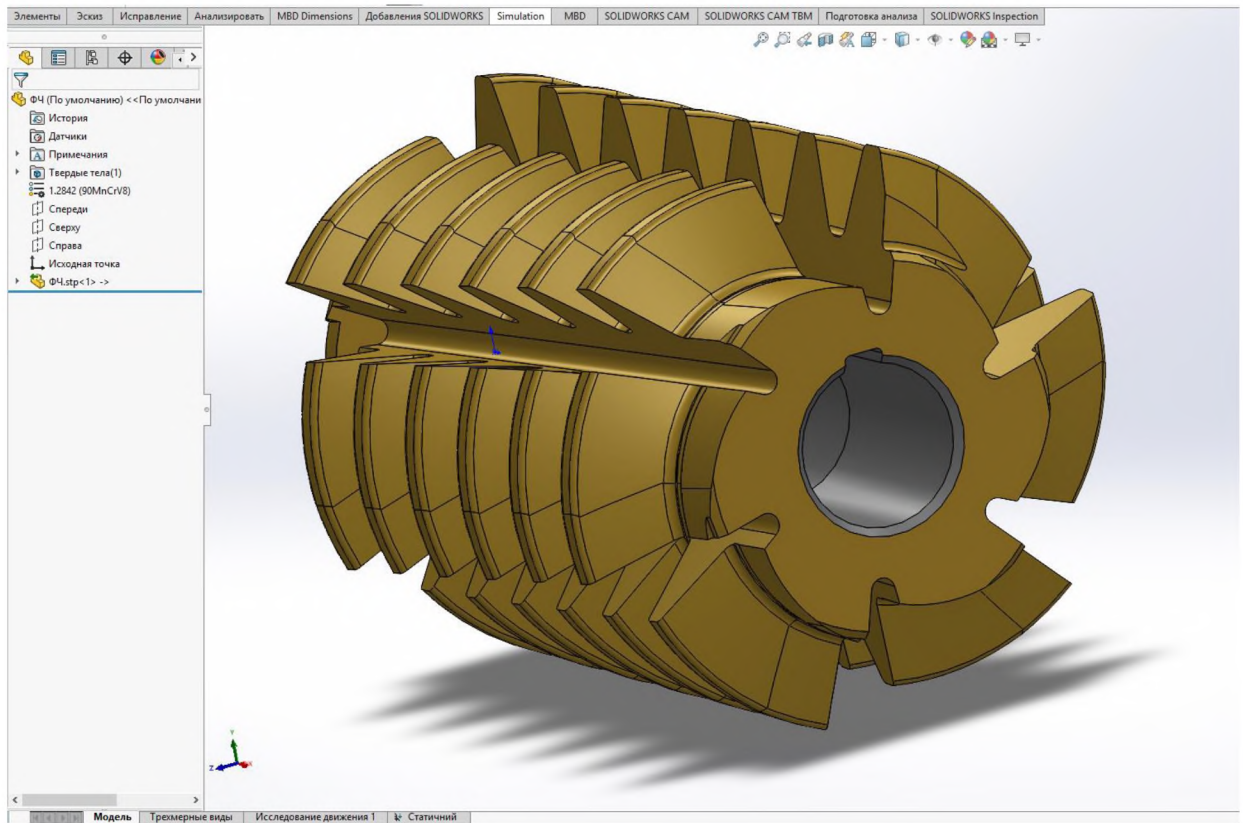


Рисунок 4.1 – Модель фрезы – SolidWorks

У програмному забезпеченні ми фіксуємо положення та рух нашого інструменту під час обробки, як показано на рисунку 4.2.

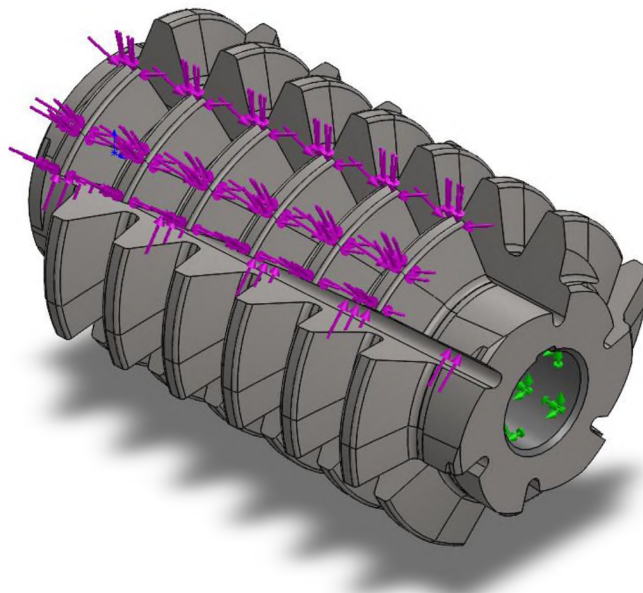


Рисунок 4.2 – Початок введення даних

Після введення початкових даних ми створили сітку кінцевих елементів, як показано на рисунку 4.3.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



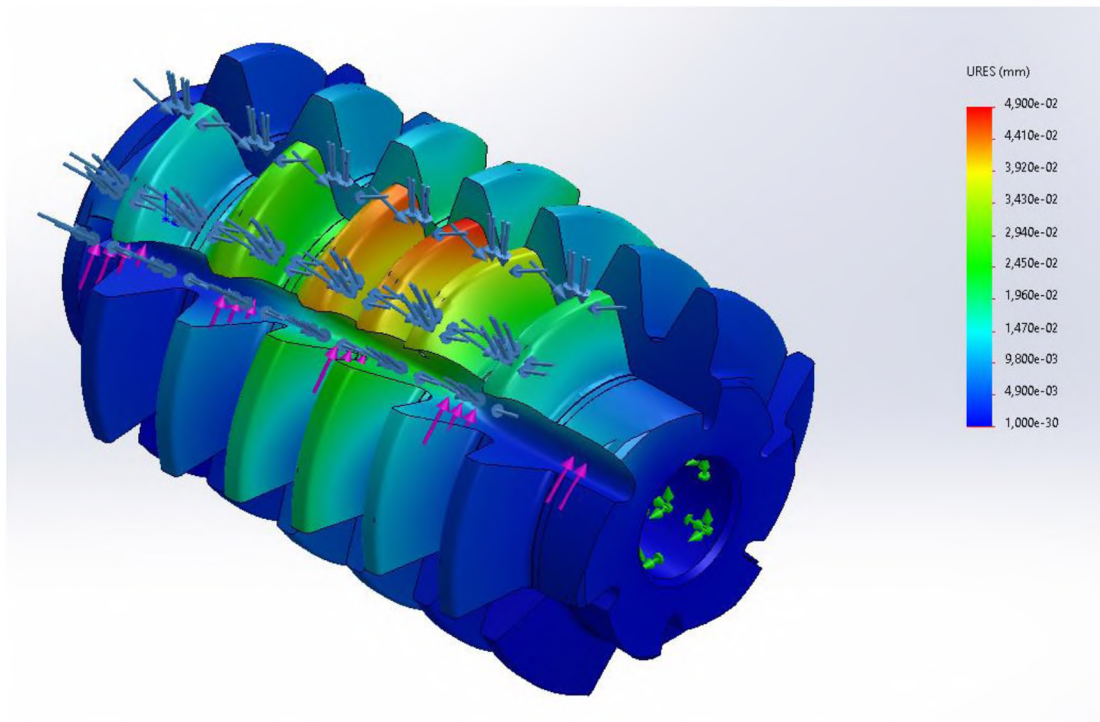


Рисунок 4.5 – Епюра «Переміщення» фрези – SolidWorks

Симуляція «Переміщення» дозволяє нам спостерігати зміщення ріжучої кромки відносно її початкового стану.

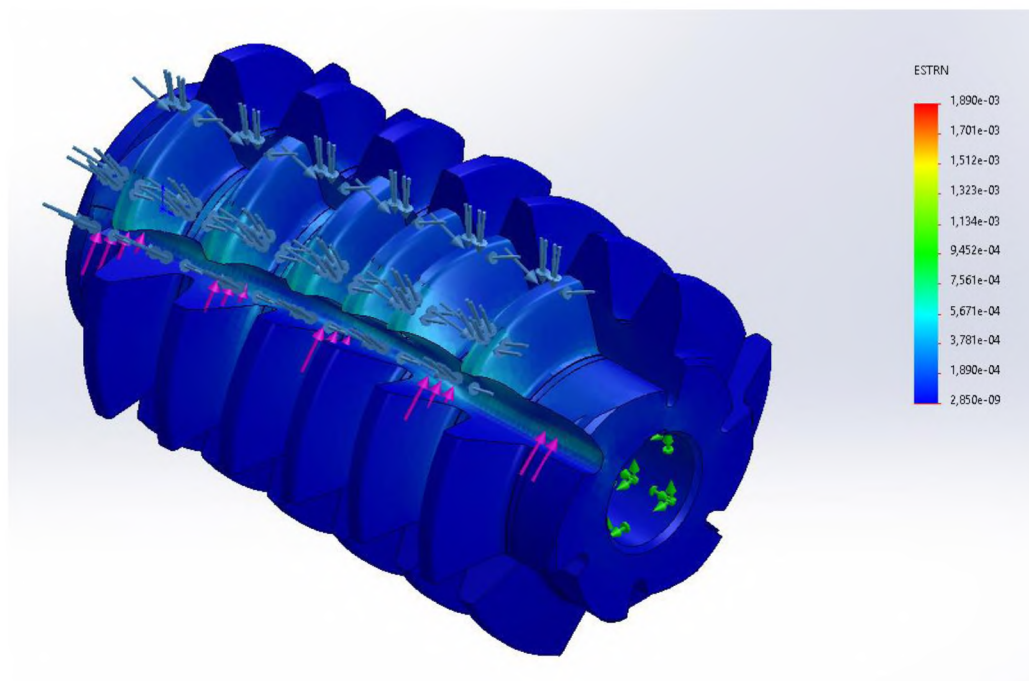


Рисунок 4.6 – Епюра «Деформація» фрези – SolidWorks

Під час симуляції «Деформація» ми аналізуємо можливі деформації ріжучої частини інструменту у зонах, які піддаються силовим навантаженням під час різання.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-12.04.ПІАРІ

Арк.



Отже, на основі цих симуляцій ми отримуємо уявлення про вразливі місця черв'ячної фрези. У цьому випадку найбільш вразливою є кромка. Для запобігання таким вразливим місцям необхідно проводити додаткові дослідження зі збіжністю сітки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.04.ПІАРІ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

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

Виконаємо розробку керуючої програми на токарну операцію, що буде виконуватись на токарному верстаті з ЧПК моделі BNC 2800A фірми Microcut. Даний верстат було розглянуто нами в другому розділі, там представлено загальний вигляд верстата (рис. 2.3) та його технічні характеристики. Розробку та моделювання процесу обробки виконаємо за допомогою програмного забезпечення Autodesk Feature CAM. Обраний верстат має систему ЧПК FAGOR 8055i/A TC.

Система числового програмного керування (ЧПК) FAGOR 8055i/A TC є популярним рішенням для керування верстатами з числовим управлінням, такими як токарні верстати, фрезерні верстати та інші верстати з ЧПК. Ось деякі технічні характеристики та особливості цієї системи:

1. Контролер: Система має вбудований контролер з можливістю підключення до різноманітних верстатів.

2. Програмне забезпечення: FAGOR 8055i/A TC поставляється з різним програмним забезпеченням для програмування та управління верстатами. Це забезпечення зазвичай включає в себе спеціалізовані програми для створення та редагування керуючих програм, а також інтерфейс для налаштування параметрів верстатів.

3. Інтерфейс користувача: Система має інтуїтивний і легкий у використанні інтерфейс користувача, який дозволяє операторам легко налаштовувати параметри верстатів і програмувати робочі процеси.

4. Підтримка мов програмування: FAGOR 8055i/A TC підтримує різні мови програмування, такі як G-код (стандартний мова програмування ЧПК), а також ISO та DIN.

5. Системи автоматизації: Ця система може бути інтегрована з різними системами автоматизації, такими як системи контролю якості, системи вимірювання, роботизовані системи обробки та інші.

6. Надійність і точність: FAGOR відомий своєю надійністю та високою точністю управління, що робить цю систему популярним вибором для промислових застосувань.

7. Компактні розміри: Контролер FAGOR 8055i/A TC має компактні розміри, що полегшує її встановлення на різних типах верстатів.

Ці характеристики роблять систему FAGOR 8055i/A TC привабливим вибором для виробників та операторів верстатів, які шукають надійне та ефективне рішення для числового програмного керування.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.05.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Мазурок</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						



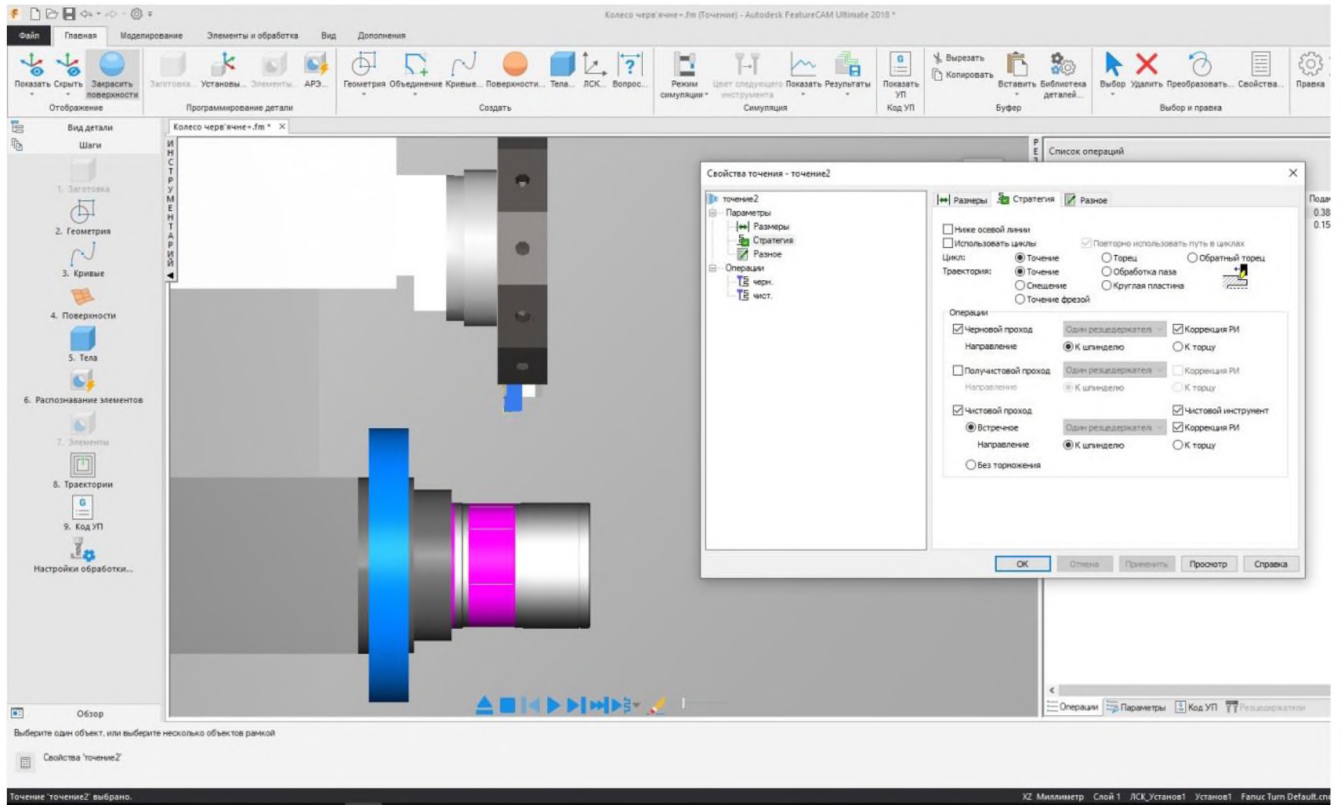


Рисунок 5.3 – Візуалізація процесу обробки з вікном стратегії

Код, отриманої в процесі симуляції обробки деталі, програми представлено нижче.

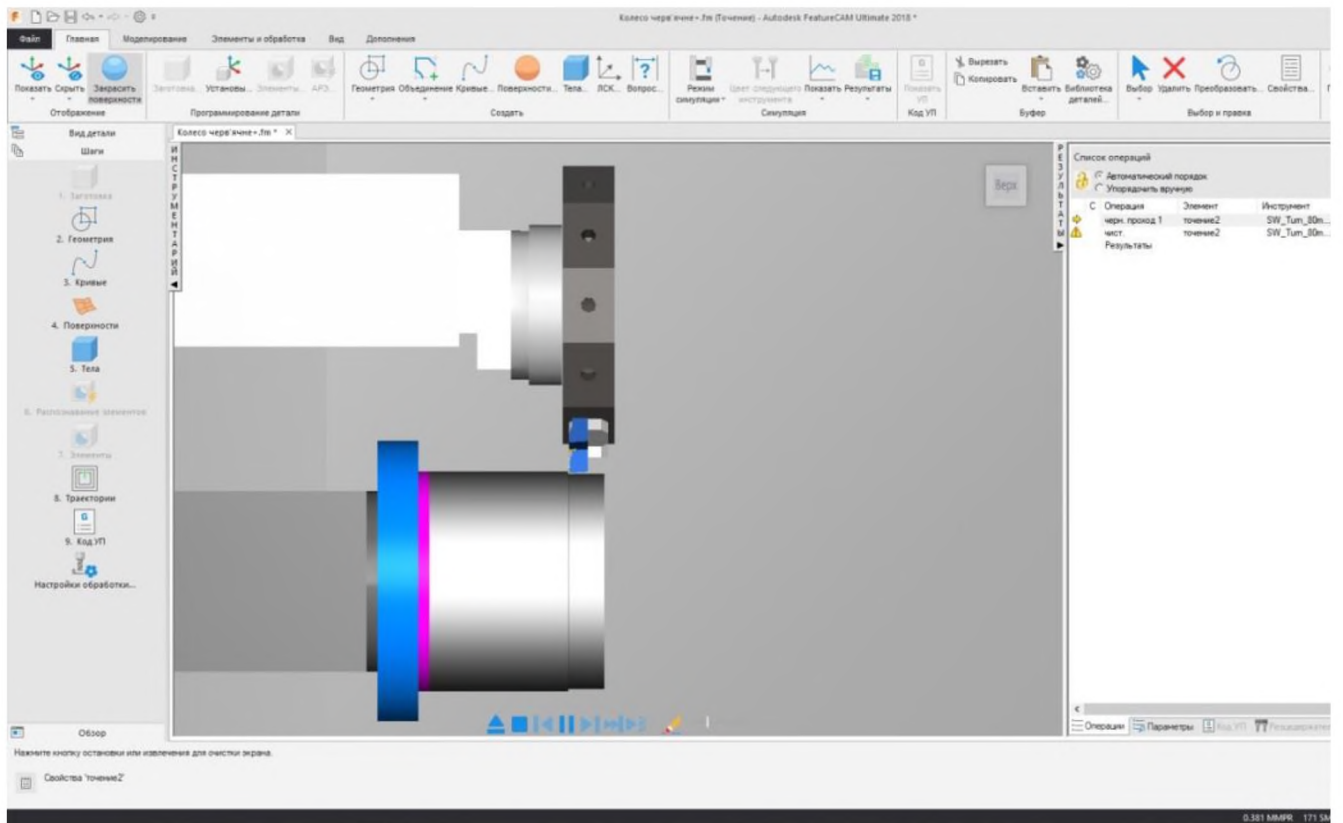


Рисунок 5.4 – Візуалізація процесу обробки з вікном переходів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.05.МПОМО</i>	Арк.

## Код керуючої програми обробки деталі:

%

OКолесо черв'ячне+( FILENAME = Колесо черв'ячне)

N20 G20 G40

N25 G28 U0

N30 G28 W0

( OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1 )

N40 T101

N45 G50 S3000

N50 G96 S810 M4

N55 G0 X9.5845 Z0.1141 M8

N60 G42 G1 X9.6457 Z0. F0.01

N65 X9.8425 Z-0.0984

N70 Z-0.4724

N75 X9.7736 Z-0.8661

N80 X9.8425

N85 Z-4.9213

N90 X9.6457 Z-6.0463

N95 Z-9.9409

N100 X9.8425 Z-10.0394

N105 Z-13.9764

N110 X9.8117 Z-14.1527

N115 G2 X9.929 Z-14.1929 R0.0629

N120 G1 X9.9291

N125 G40 X10.1654 Z-14.1926

N130 G0 X21.7317 Z-14.1532

N135 Z0.1575

N140 G28 U0

N145 G28 W0

N150 M30

%

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Виконуємо економічний аналіз двох методів обробки деталі з використанням програмного забезпечення Economical Linksmoon (див. рисунки 6.1, 6.2, 6.3, 6.4).

Згідно з основним виробничим процесом на підприємстві зробимо його вдосконалення та розрахуємо технологічну собівартість за варіантом заготовки – однакові, верстати різні (два верстати 1А64 порівнюється з верстатом ВНС 2800А)

Рисунок 6.1 – Внесення вихідних даних для розрахунку

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>організаційно- економічна підготовка виробництва</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Мазурок</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>Нечасів</i>									



Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

**1385816 грн**

Срок окупаемости, лет

**2,21 лет**

Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".

Составители: проф. Маругов В.А.; ст.преп. Цывинда Н.И., Криворожский Технический Университет

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.4 – Результати розрахунків

З кадрів програми видно, що економічний ефект введення верстату з ЧПК складає 1385816 грн. А термін окупності проекту складає 2,21 роки. Отже введення верстату BNC 2800A є доцільним та аргументованим.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва. Забруднення атмосфери та виробничі стічні води

### 6.2.1 Ливарне виробництво

Ливарне виробництво галузь машинобудування, що виробляє фасонне та заготівельне лиття з різних металів та сплавів.

Фасонним литтям отримують виливки, близькі за формою та розмірами до готових деталей. Заготівельне лиття це зливки, призначені для подальшої обробки тиском (прокатка, кування, штампування та ін.) або механічної обробки на металорізальних верстатах.

Технологія виробництва виливків складається з таких основних процесів: виготовлення моделі майбутнього виливка, виготовлення форми, приготування рідкого металу, заливання металу у форми, вибивання виливків з форми, обробування та очищення виливків, контролю виливків.

Найбільша кількість лиття виробляють із сірого чавуну – 70% від маси виливків; далі йде сталеве лиття (близько 20%), лиття з ковкого чавуну (8%), мідних, алюмінієвих, титанових та цинкових сплавів.

Чавун має відносно невисоку температуру плавлення (1100-1200°C), хорошу рідину, малу усадку (близько 1%), однорідну структуру у виливках. Для плавки чавуну застосовують вагранки та електропечі. Вагранки є шахтні печі, в які завантажуються шихта, складена з чушкового чавуну, сталевого брухту, феросплавів, ливарного коксу і флюсів (вапняк, плавиковий шпат, боксити). У нижню частину печі подають як паливо кокс, природний газ або їх суміш, повітря, підігрітий і збагачений киснем. За рахунок

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



тепла від згоряння коксу відбувається плавлення металевої частини шихти, температура піднімається до 1450-1500°C. Заливку форм проводять при температурі плавлення чавуну і вище (1250-1400°C): метал випускають у ківш із копильника вагранки, а потім розливають у ливарні форми. У верхній частині розплавленого металу скупчується шлак, як легший, що складається з оксидів ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{FeO}$ ), домішок, що вносяться шихтою (пісок та ін), шматочків футерування шахти (цегла), флюсів, золи палива.

Ливарні властивості сталей нижчі, ніж у чавуну (усадка 2-3 %), рідиннотекучість стали гірше, ніж у чавуну, сталь більш тугоплавка (1400-1540°C). Сталь для лиття виплавляють у кисневих конверторах та електричних дугових (більше 90 % сталі) та індукційних печах.

Форми для заливання можуть бути разовими та багаторазовими (кокіль). Багаторазові металеві, виготовлені зі сталі або чавуну, форми витримують сотні та тисячі заливок; багаторазові піщано-цементні, графітні, керамічні форми витримують кілька десятків заливок (застосовуються для заливання станин верстатів, важких плит та ін.). Для виготовлення разових форм застосовуються формувальні та стрижневі суміші, основною їх складовою, що визначає їхню вогнетривкість, є кварцовий пісок ( $\text{SiO}_2$  90-98,5 %). До складу суміші входять також сполучні (глина, цемент, рідке скло, терморезистивні смоли, бітум, каніфоль), протипригарювальні (мелене кам'яне вугілля, циркон, хромистий залізняк), газоутворювальні (компоненти, що сприяють газопроникності та податливості суміші: тирса, тирса, з розміром зерен 0,25-1,0 мм) складові.

Охолоджені виливки вибивають за допомогою решіток, що струшують, вібраторів та інших машин; стрижні (застосовуються для утворення отворів у формі) вибивають на пневматичних машинах або гідрокамерах струменем води під тиском 3-10 МПа. Літники від сталевих заготовок відокремлюють газовою різкою, а від чавунних заготовок і від заготовок з кольорового лиття (сплави кольорового лиття виплавляють в електричних печах дугових, індукційних печах, плазмових газових печах) пилами, рубальними молотками. Від залишків формувальних сумішей виливки очищають обкатуванням їх у барабанах або піскоструминними апаратами, застосовують піскогідравлічне очищення (вода та пісок,  $P = 7$  МПа), обдирно-шліфувальні верстати з крупнозернистими шліфувальними колами.

Найбільш великими джерелами пило- та газовиділення в атмосферу в ливарних цехах є вагранки, електродугові та індукційні печі, ділянки складування та переробки шихти та формувальних матеріалів, ділянки вибивання та очищення лиття.

При плавці 1 т металу у відкритих чавуноливарних вагранках виділяється 900-1200 м<sup>3</sup> колошникового газу, що містить оксиди вуглецю, сірки, азоту, пари масел, полідисперсний пил та ін. Кількість викидів залежить від продуктивності вагранки та витрати дуття. Оксид вуглецю виділяється від вагранки та при розливі чавуну у форми. Оксид сірки утворюється при спалюванні коксового газу в сушарках, печах та іншому обладнанні. Хімічний склад ваграночного пилу залежить від складу металозавалки, палива, умов роботи вагранки. Медіанний розмір пилу у відкритих вагранках при холодному дутті 70 мкм, при гарячому 20

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>					



Пресування (видавлювання) метал видавлюють із замкнутої порожнини через отвір, у результаті виходить виріб з перетином у формі отвору. Пресують мідь, свинець, цинк, алюміній, магній та їх сплави, а також сталь із мірних заготовок, нарізаних із сортового прокату. Усі метали та сплави, крім свинцю, пресують гарячими.

Волочіння застосовують переважно виготовлення дроту діаметром 0,002-4,0мм. Волочіння полягає у протягуванні під дією сили заготівлі (зазвичай у холодному стані) через отвір, переріз якого менше вихідного перерізу заготовки.

Кування обробка металу, що знаходиться в пластичному стані під дією бойків молота (динамічний вплив). Виготовляють невеликі партії різних за формою та габаритами поковок.

Штапування дозволяє збільшити продуктивність у десятки разів у порівнянні з куванням, при цьому досягається і більш висока точність розмірів, і низька шорсткість поверхні. Але штапування вигідне лише в серійному, масовому виробництві, коли окупаються витрати на виготовлення складних форм (штампів).

Одним із способів очищення поверхні металу від оксидів є травлення, сутність якого полягає в хімічному розчиненні оксидів у відповідних кислотах, а в деяких випадках у лугах або розплавлених солях. При високій температурі та вільному доступі кисню на поверхні сталевих заготовок утворюється окалина, що складається з трьох оксидів:  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Fe_3O_4$ . Зазначені оксиди розчиняються в травильних ваннах з різною швидкістю: швидкість зменшується у ряді  $FeO$ ,  $Fe_3O_4$ ,  $Fe_2O_3$ .

З підвищенням температури та концентрації кислоти у травильній ванні швидкість збільшується.

Зазвичай сірчана кислота в травильних ваннах застосовується у таких концентраціях: у свіжому розчині 15-20%, використаному 4-5%. Розчин вважається непридатним, якщо концентрація  $FeSO_4$  сягає 300-400 г/л. У міру зменшення концентрації кислоти температуру розчину піднімають від 40 до 80°C.

Швидкість розчинення оксидів заліза в соляній кислоті значно більша, ніж у сірчаній, тому процес ведуть при кімнатній температурі, що попереджує втрати легко летючої кислоти. У свіжому травильному розчині вміст соляної кислоти становить 12-18%, а відпрацьованому близько 2-4%.

В останні роки підвищився інтерес до травлення стали фосфорною кислотою, що визначається високою якістю очищення поверхні виробу. Більш висока вартість фосфорної кислоти потребує регенерації її у замкнутій системі травильної ванни.

Для очищення та полірування поверхні спеціальних сталей та кольорових металів використовують травильний розчин із суміші таких кислот, як сірчана, фосфорна, азотна та плавикова.

Заготівлі з легованих і, зокрема, з хромистих і хромонікелевих сталей піддають в основному електрохімічного травлення, так як за допомогою цього процесу можна отримати добре очищену поверхню.

У прокатних цехах джерелами забруднення атмосфери є прокатні стани, машини вогневої зачистки металу, травильні відділення.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>					

При прокатуванні пил утворюється головним чином у результаті подрібнення окалини валками, при цьому 20% пилу має розмір частинок менше 10 мкм. Викид пилу становить середньому 200 р на 1 т товарного прокату. Якщо в цеху прокату застосовується вогнева зачистка поверхні заготовки, за якої за допомогою пальників на поверхні металу створюється температура

до 2000°C, у результаті поверхневий шар металу товщиною 1-3 мм розплавляється і частково згоряє, то вихід пилу зростає до 500-2000 г/т. При цьому в процесі згоряння утворюється велика кількість пилу дрібнодисперсного (60-65 % пилу з розміром частинок 0,5-1,0 мкм), що складається на 75-90 % з оксидів заліза.

Для видалення окалини з поверхні виробів застосовують травлення у різних кислотах. Сумарна кількість повітря, що відсмоктується з безперервного апарату травлення, становить 14000-18000 м<sup>3</sup>/год, а середній вміст кислоти в повітрі, що видаляється, досягає 2,5-2,7 г/м<sup>3</sup>.

При використанні в ковальсько-пресових цехах полум'яних печей в атмосфері викидаються оксиди вуглецю, сірки, азоту та інші продукти згоряння.

Основними домішками стічних вод, що використовуються для охолодження технологічного обладнання, поковок, гідрозбиву металеві окалини та обробки приміщення, є частинки пилу, окалини та олії. Наприклад, при прокатуванні металів утворюється 2-4 % окалини від маси металу, що прокочується, при цьому маса частинок розміром більше 1 мм становить приблизно 90 % всієї маси окалини.

Стічні води травильних відділень та гальванічних цехів, що використовують у технологічних цілях хімічні та електрохімічні процеси, містять відходи, найбільш небезпечні у санітарному відношенні. Вода, що застосовується для приготування технологічних розчинів при травленні деталей, а також для промивання деталей та ванн після скидання відпрацьованих розчинів, містить пил, металеву окалину, луги, кислоти, неорганічні солі важких металів хрому, цинку, нікелю, міді.

У будь-якому травильному відділенні утворюється два види стічних вод: концентровані та розведені. Перші є відходами травильних ванн (відпрацьовані розчини), другі промивними водами (у сучасних травильних відділеннях часто застосовують протиточне багатованне промивання, що забезпечує раціональне використання води).

У травильних відділеннях, що використовують сірчаноокислотний травильний розчин, середня кількість концентрованих стічних вод досягає 10 м<sup>3</sup> на 1 т кислоти, що витрачається, або 0,3-0,6 м<sup>3</sup> на 1 т протруєних сталевих заготовок. Кількість промивних вод значною мірою залежить від системи промивки виду заготовок. У нормальних умовах кількість промивних вод коливається не більше 0,4-50 м<sup>3</sup> на 1 т сталевих заготовок.

### 6.2.3 Механічна обробка металів

Для забезпечення встановленої кресленням точності розмірів та шорсткості поверхні більшість деталей машин та механізмів обробляють на верстатах

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зняттям стружки. Стружку знімають із заготовки лезовими (різці, свердла) та абразивними інструментами. Обробка металів зняттям стружки включає наступні операції: точення, фрезерування, свердління, стругання, шліфування.

Механічна обробка металів на верстатах супроводжується виділенням пилу, стружки, туманів олій та емульсій. При роботі металорізального обладнання всіх видів із застосуванням мастильно-охолоджуючих рідин (емульсій, масел) повітря забруднюється аерозолями цих речовин.

За 1 годину роботи металорізального верстата у розрахунку на 1 кВт потужності встановленого електродвигуна виділяється 0,2 г масляного туману або 6,3 мг туману емульсолу та 150 г парів води.

Пил, що утворюється в процесі абразивної обробки, полягає на 30-40% з матеріалу абразивного кола і на 60-70% з матеріалу виробу, що обробляється. Кількість пилу, що виділяється, залежить від розмірів і твердості оброблюваного матеріалу, діаметра кола (зі збільшенням діаметра кола зростає кількість пилу, що виділяється: при діаметрі

300 мм - 155 г/год, а при 900 мм - 310 г/год) та окружної швидкості кола, а також способу подачі виробу.

Значне виділення пилу спостерігається під час механічної обробки деревини, склопластиків, графіту та інших неметалевих матеріалів. При механічній обробці полімерних матеріалів одночасно з пилоутворенням можуть виділятися пари різних хімічних сполук (фенолу, формальдегіду, стиролу та ін), що входять до складу оброблюваних матеріалів.

Вода використовується для приготування мастильних рідин, для гідравлічних випробувань обладнання та обробки приміщення. Основними домішками стічних вод є пил, металеві та абразивні частинки, сода, олії, мила. Вміст у стоках нафтопродуктів може сягати 1200 мг/л.

#### 6.2.4 Зварювання, різання, паяння металів

Зварювання та паяння металів призначаються для отримання нероз'ємних з'єднань заготовок.

Найпростіший спосіб зварювання (ручна дугова) заснований на використанні електричної дуги. До одного полюса джерела струму гнучким проводом приєднується тримач, до іншого – виріб, що зварюється. У тримач вставляється металевий електрод. При короткому дотику електрода до виробу запалюється дуга, яка плавить основний метал і стрижень електрода, утворюючи зварювальну ванну, що дає зварювальний шов при затвердженні.

При дуговому зварюванні кисень та азот повітря активно взаємодіють з розплавленим металом, утворюючи оксиди та нітриди, що знижують міцність зварного шва. Існують внутрішні та зовнішні способи захисту місця зварювання: введення різних речовин у матеріал електрода та електродного покриття (внутрішній захист); введення в зону зварювання інертних газів; покриття місця зварювання зварювальними флюсами (зовнішній захист).

Найбільше значення має електродугове зварювання без зовнішнього захисту покритими електродами, що плавляться. Обмазки електродів бувають стабілізуючими, захисними та легуючими. Стабілізуючі обмазки сприяють

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



На ділянках зварювання і різання металів склад і маса шкідливих речовин, що виділяються, залежать від виду і режимів технологічного процесу, властивостей застосовуваних зварювальних і зварюваних матеріалів. Найбільші виділення шкідливих речовин притаманні процесу ручного електродугового зварювання покритими електродами. При витраті 1 кг електродів у процесі ручного дугового зварювання утворюється до 40 г пилу, 2 г фтористого водню, 1,5 г оксидів вуглецю та азоту, в процесі зварювання чавунів до 45 г пилу та 1,9 г фтористого водню.

При напівавтоматичному та автоматичному зварюванні (у захисному середовищі і без нього) загальна маса шкідливих речовин, що виділяються менше в 1,5-2,0 рази, а при зварюванні під флюсом у 4-6 разів.

Зварювальний пил на 99% складається з частинок розміром від  $10^{-3}$  до 1 мкм. Хімічний склад забруднюючих речовин, що виділяються при зварюванні залежить в основному від складу зварювальних матеріалів (дроту, покриттів, флюсів) і в меншій мірі від складу зварюваних металів. Зварювальний аерозоль включає сполуки марганцю, оксиди хрому, оксид кремнію, фториди та ін.

У вентиляційне повітря на ділянках пайки виділяються токсичні гази (оксид вуглецю, фтористий водень), аерозолі (свинець та його сполуки), продукти згоряння ізоляції проводів (оксиди вуглецю) та інших речовин на поверхні деталей, що з'єднуються (при випаленні фторопластової ізоляції виділяється на 1 г ізоляції. 3 мг фтористого водню).

Газове та плазмове різання металів супроводжуються виділенням пилу та шкідливих газів. Пил є конденсатом оксидів металів, розмір частинок якого не перевищує 2 мкм. Хімічний склад визначається в основному маркою матеріалу, що розрізається. При різанні зазвичай виділяються токсичні сполуки хрому, нікелю, марганцю, оксиди вуглецю і азоту, а при плазмовому різанні утворюється ще й озон.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Конструкторсько-технологічна підготовка для виготовлення деталі «Колесо черв'ячне» барабану механізму підйому, є основною темою дослідження в цій кваліфікаційній роботі. У рамках дослідження був проведений аналіз вузла, до якого відноситься ця деталь, і розраховані основні параметри шпонкового з'єднання. З урахуванням характеристик поверхонь деталі та матеріалу, з якого вона виготовлена, було вибрано відповідний різальний та допоміжний інструмент для обробки.

Особлива увага була приділена найбільш навантаженій операції – чорновій токарній обробці. Для цього був проаналізований різальний інструмент з метою встановлення меж міцності. Також було розроблено інструментальне налагодження для токарної операції, що виконується на токарному верстаті з ЧПК моделі BNC 2800A фірми Microcut.

Окремо була спроектована черв'ячна фреза для утворення зубчастого профілю деталі. За допомогою SolidWorks Simulation був проведений детальний аналіз, що дозволив виявити слабкі місця інструменту, зокрема, крайку фрези.

З використанням технічних характеристик запропонованого верстата та металорізальних інструментів було проведено моделювання процесу обробки та розроблено керуючу програму за допомогою Autodesk FeatureCAM.

Також були виконані економічні розрахунки за допомогою програми «Econometrical Linksmoon». Зроблено порівняльний аналіз собівартості за двома варіантами обробки деталі «Колесо черв'ячне». На основі цих розрахунків була визначена економічна доцільність удосконалення технологічного процесу, зокрема, заміна універсальних верстатів 1A64 на токарних операціях верстатом з ЧПК моделі BNC 2800A.

Аналізуючи аспекти охорони праці та екологічної безпеки, було проаналізовано забруднення атмосфери та виробничі стічні води. Запропоновані можливі шляхи вирішення цієї проблеми.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-12.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мазцрук</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.
2. Каталог допоміжного інструменту фірми SECO.
3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
4. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
5. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
6. Каталог різців фірми SECO.
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.131.24.1-12.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Мазцрок</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>								

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ  
АРКУШІВ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Колесо черв'ячне» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Мазурок І.В.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

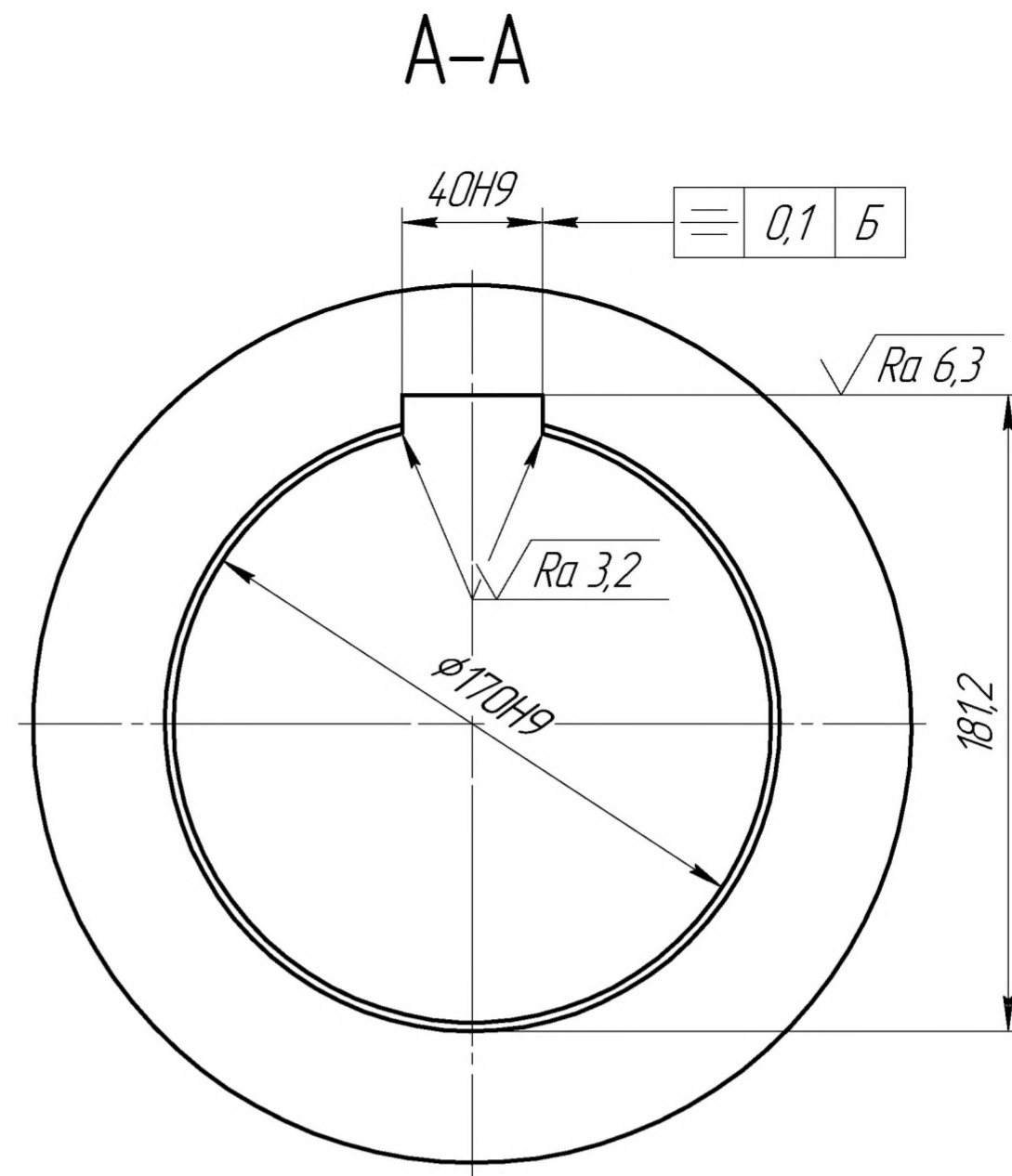
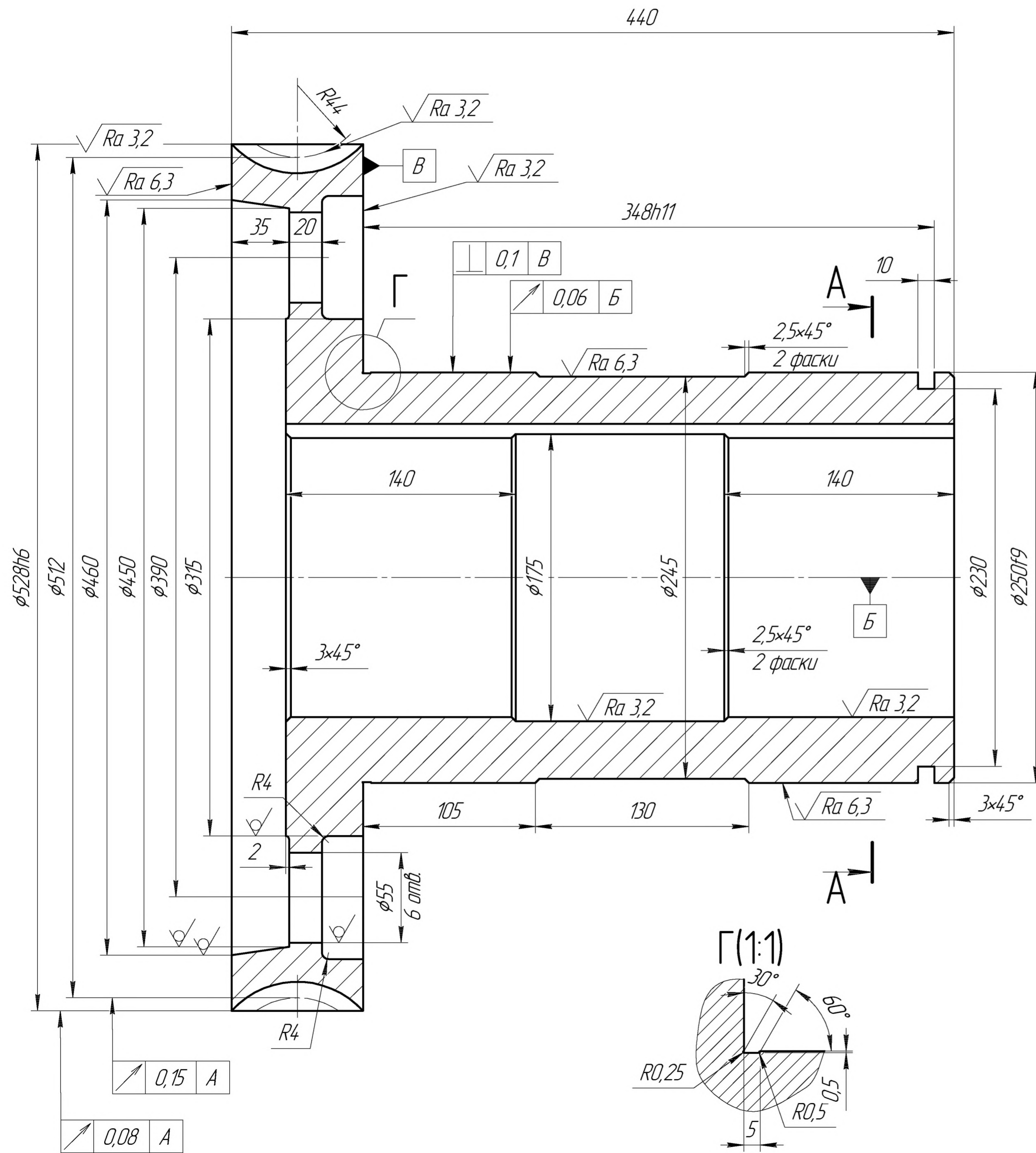
Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

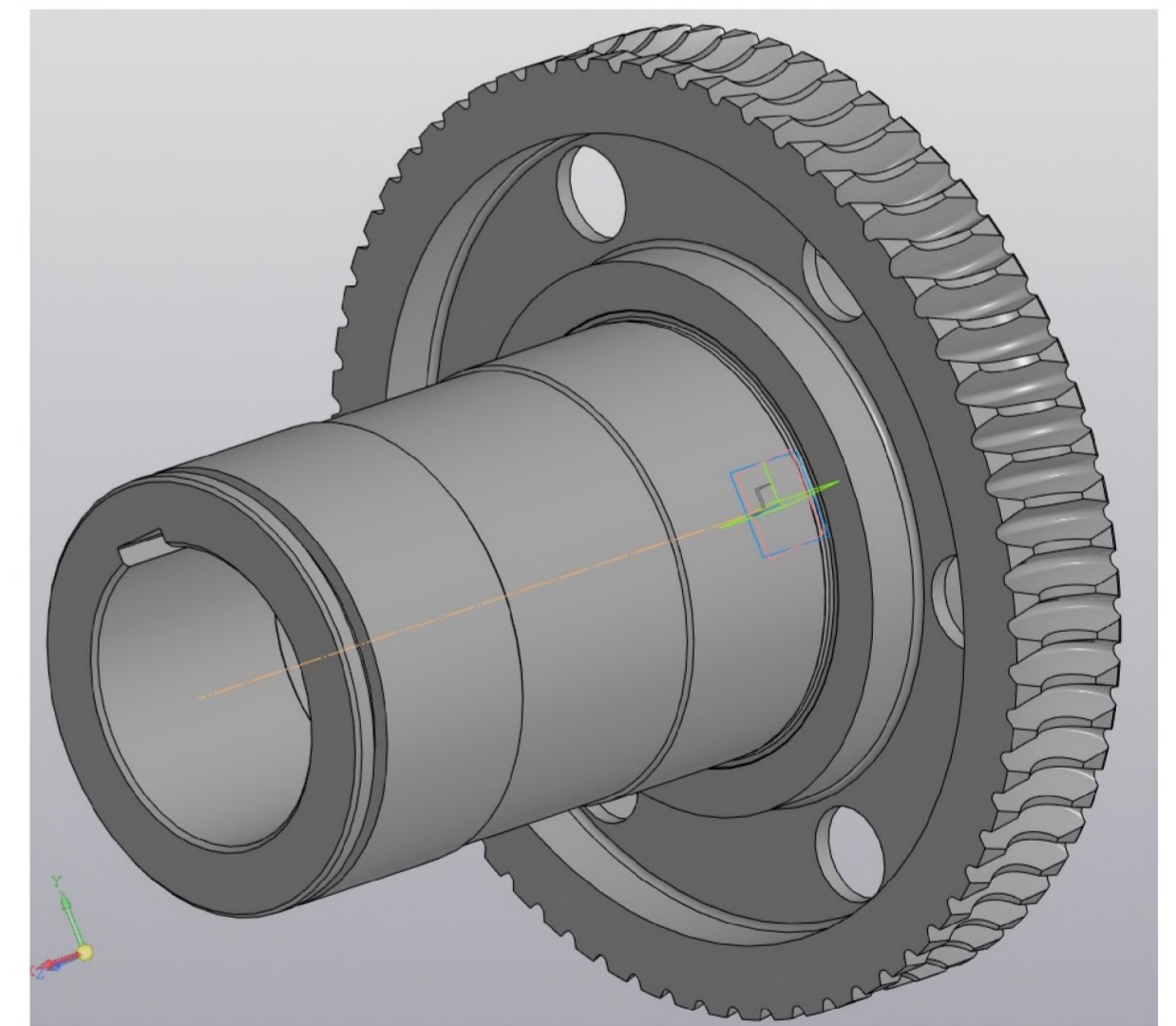
(підпис)

Нечасєв В.П.

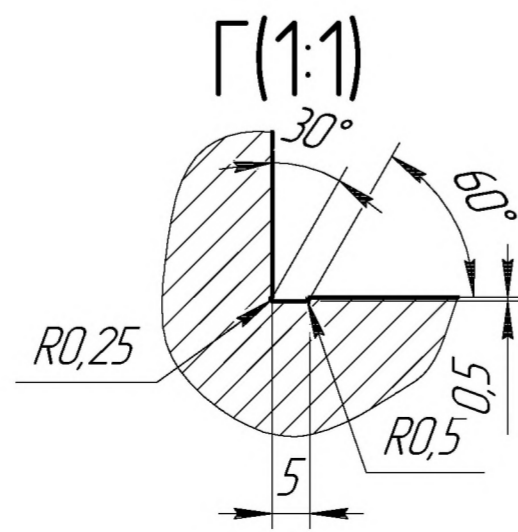




Модуль осъовий	$m_s$	8
Число зубів	$z_s$	64
Супінь точності за ГОСТ 3675-56	-	C-8-x
Товщина зуба по хорді	$S$	12,5
Вимірювальна висота	$h_m$	8
Допуск на відмінність серед.кутових кроків	$\delta_{ct}$	0,05



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



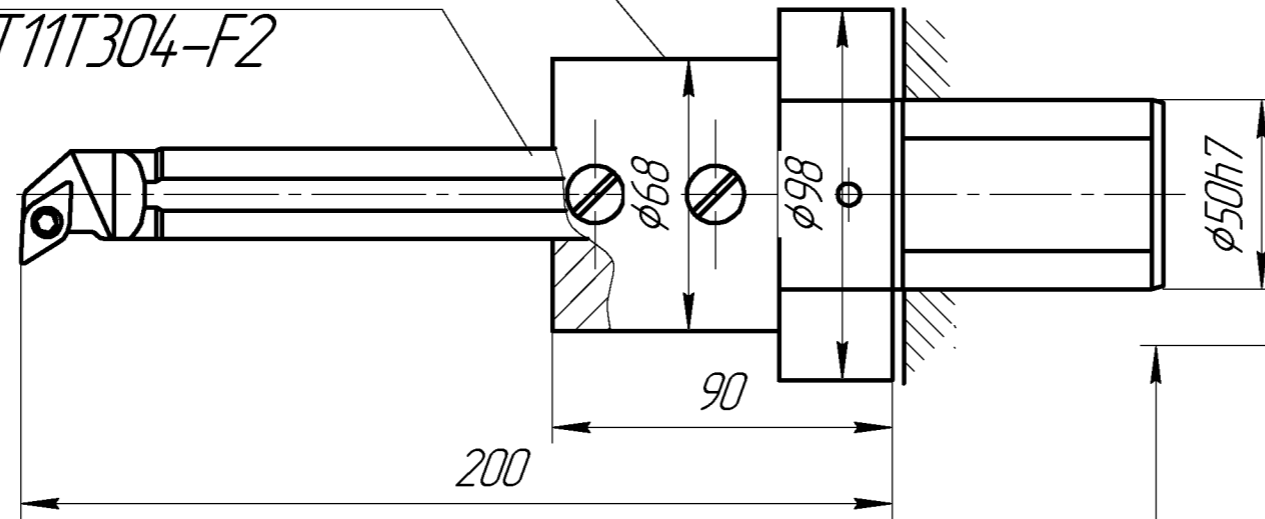
				КНУКБР.13124.1-12КЧ		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Мазурок				129	1:2
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Сталь 50Л ДСТУ 8781:2018		Кафедра ТМ
Затв.	Нечасів					гр. ПМ-20

Колесо черв'ячне

Тримач для розточних різців форми E2

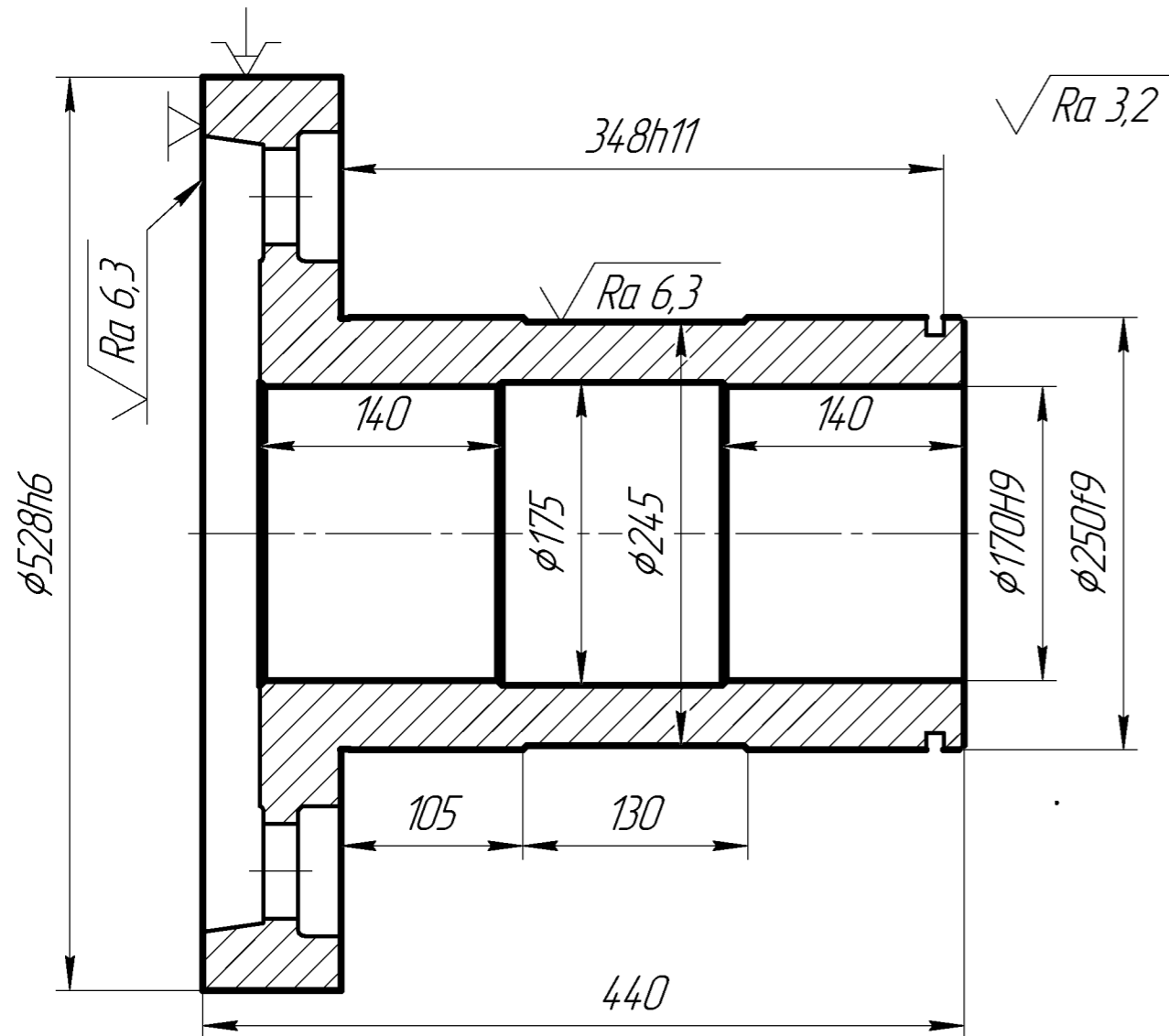
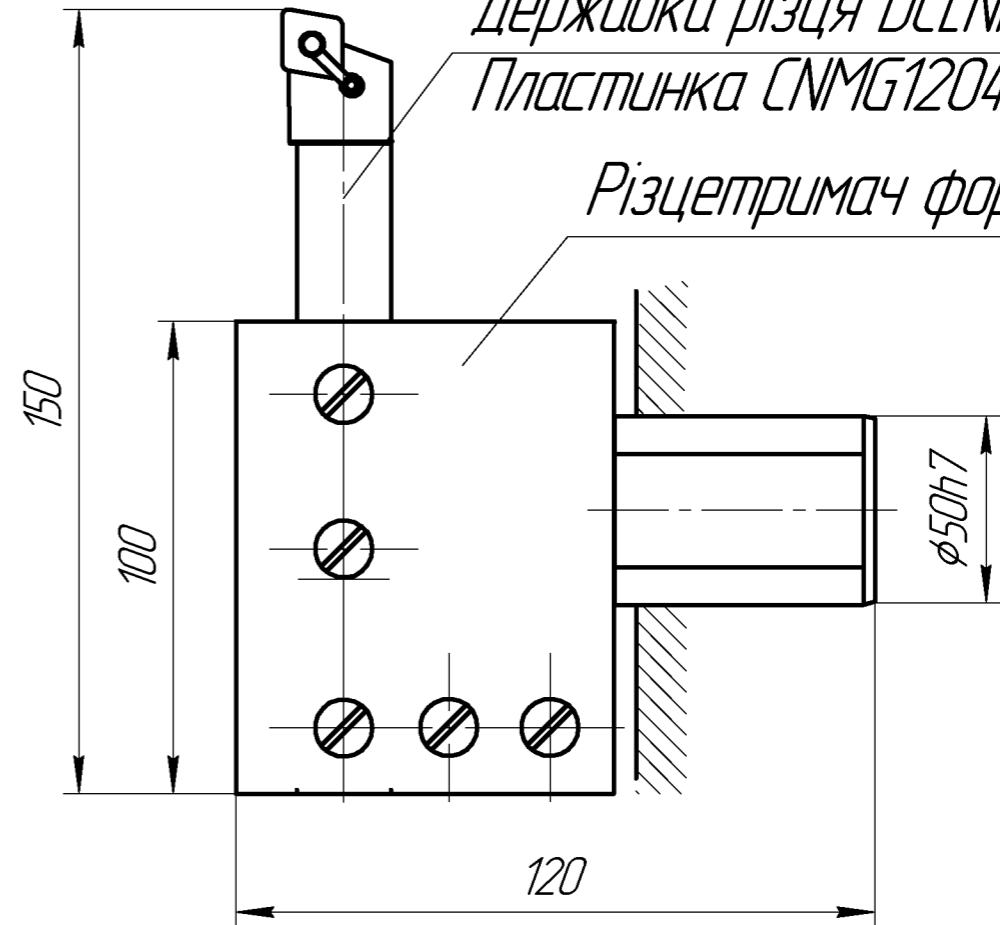
T 02

Державка різця A20R-SDUCR-11  
Пластина DCMT11T304-F2

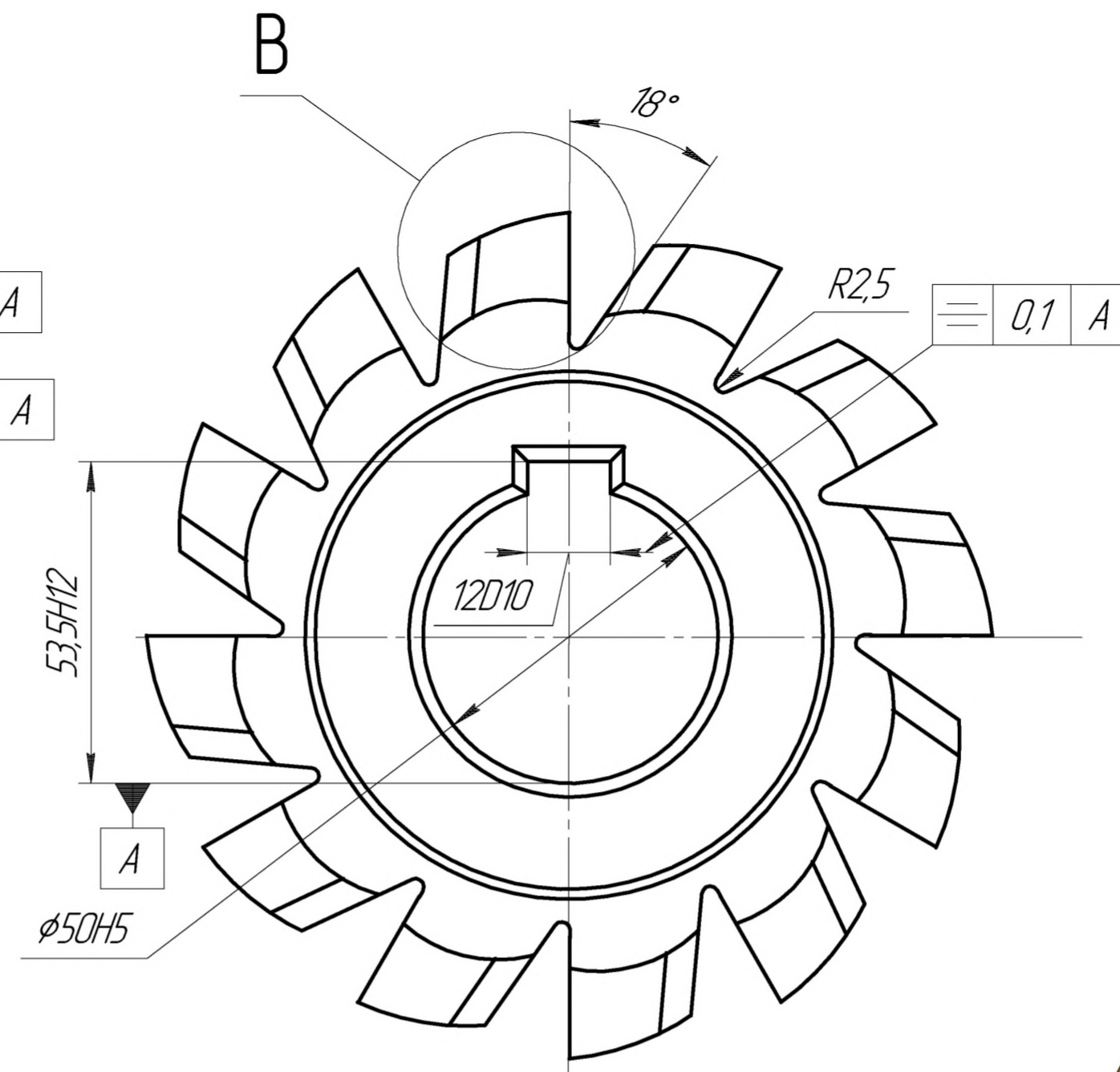
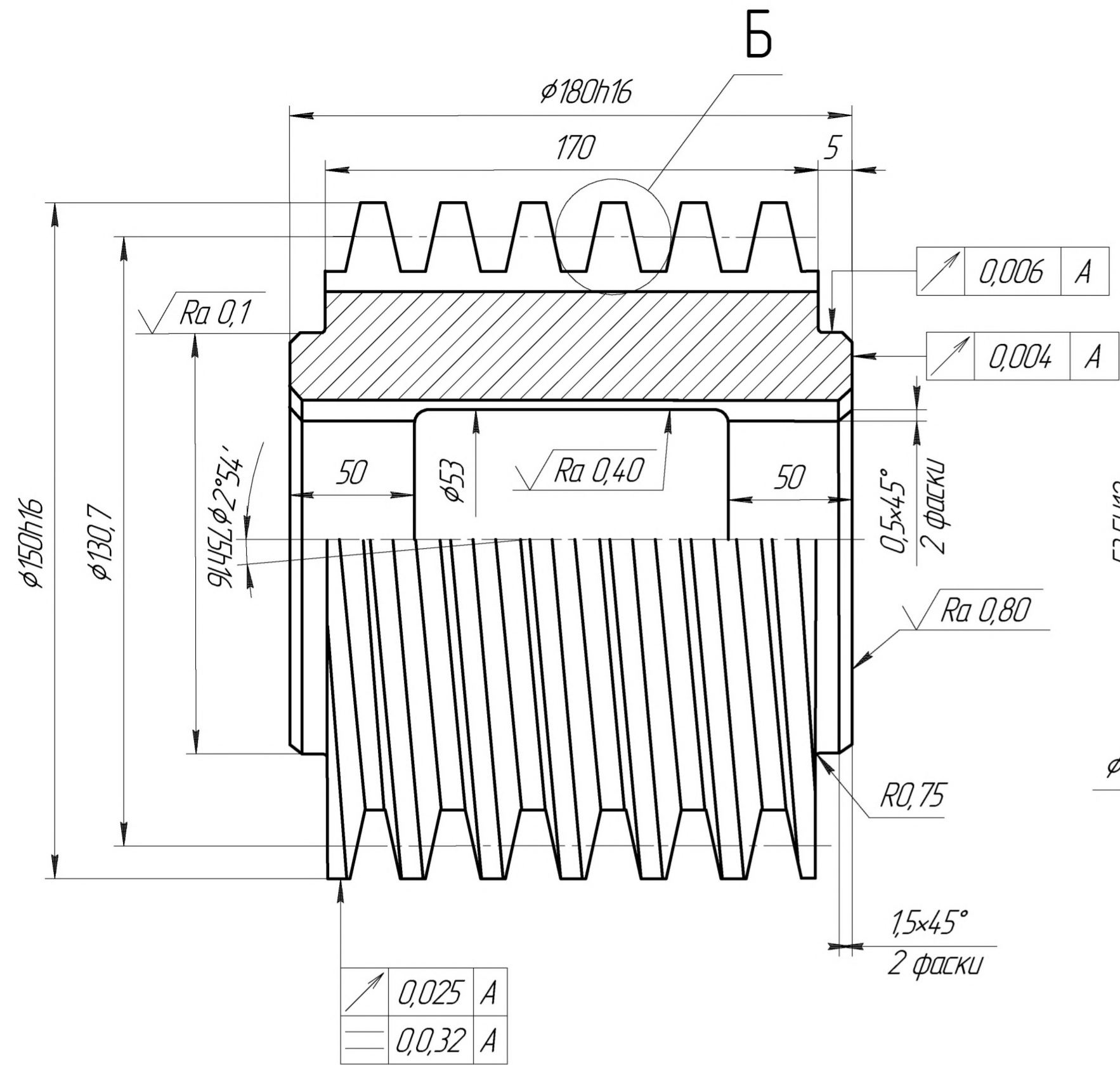


T 01

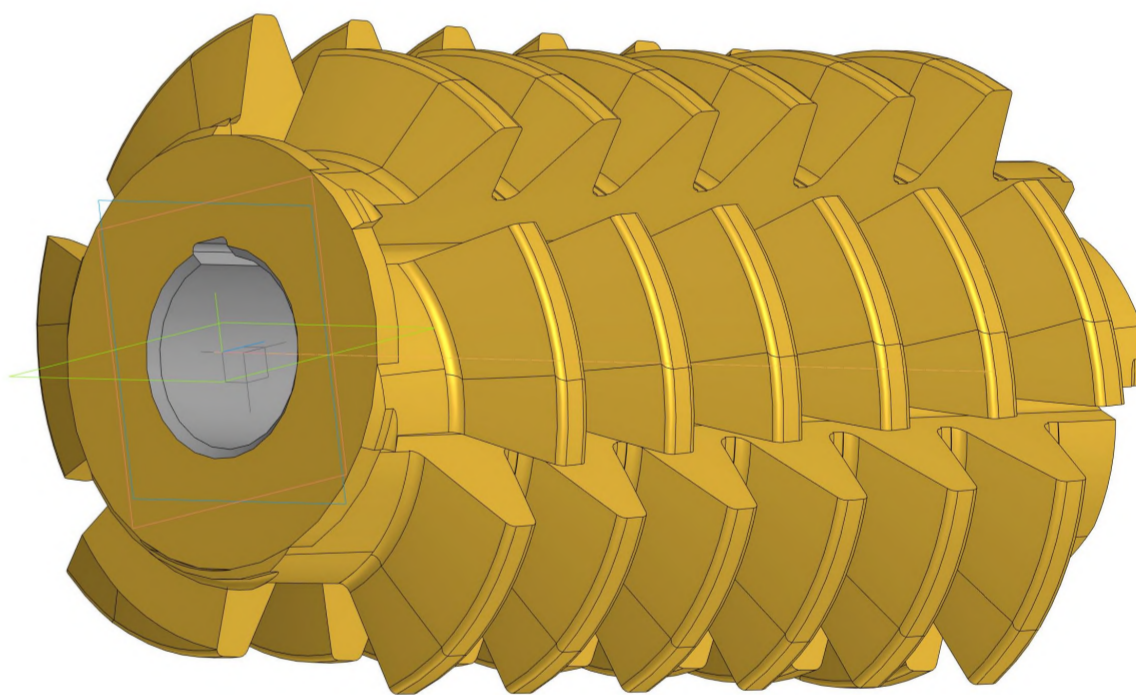
Державка різця DCLNR2525012-M  
Пластинка CNMG120412-M3  
Різцетримач форми B3



КНУ.КБР.131.24.1-12.ВІН				Лит.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Н		1:2
Розробив	Мазурок			Лист	Листів	1
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Н.контр.	Рязанцев					
Затв.	Нечаєв					



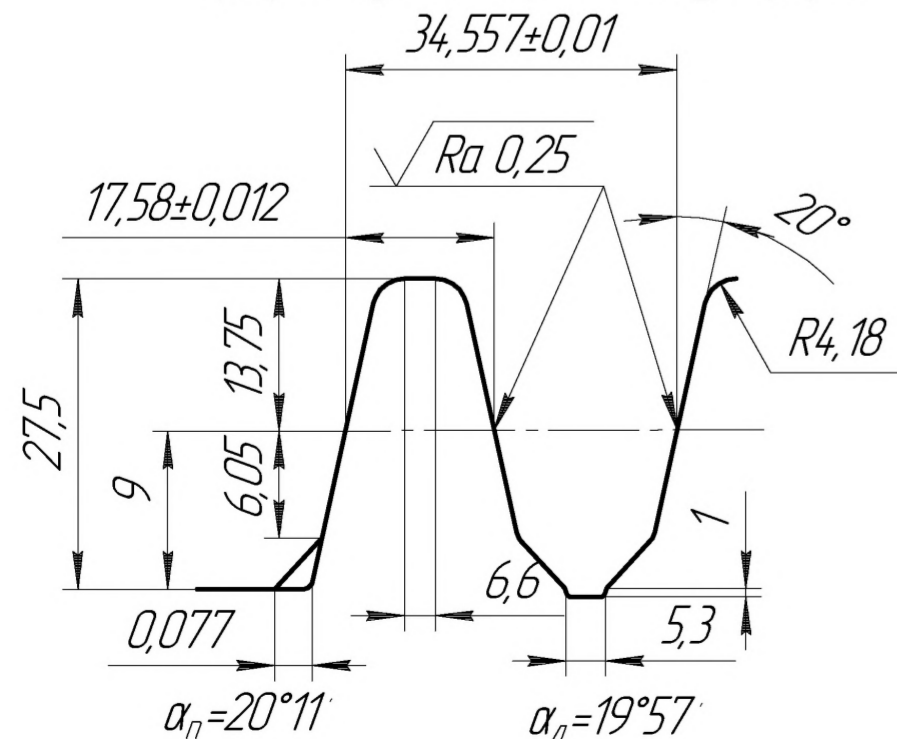
Модуль	8
Кут профілю	20°
Кут підйому гвинтової лінії	7,25°
Число стружкових канавок	19
Число заходів фрези	2
Напрямок витків фрези	правий
Крок по осі (заходу)	34,681
Крок по нормалі	34,557
Напрямок гвинтових стружкових канавок	лівий



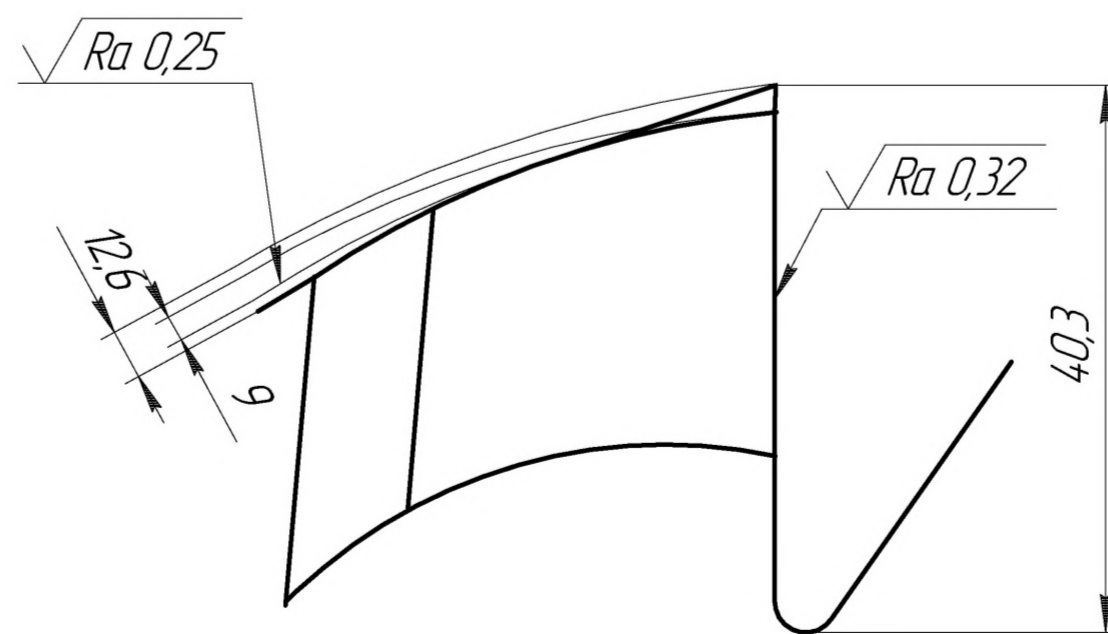
$\sqrt{Ra\ 0,025}$	A
$\sqrt{Ra\ 0,032}$	A

Б(4:1)

Профіль зубів в нормальному перерізі



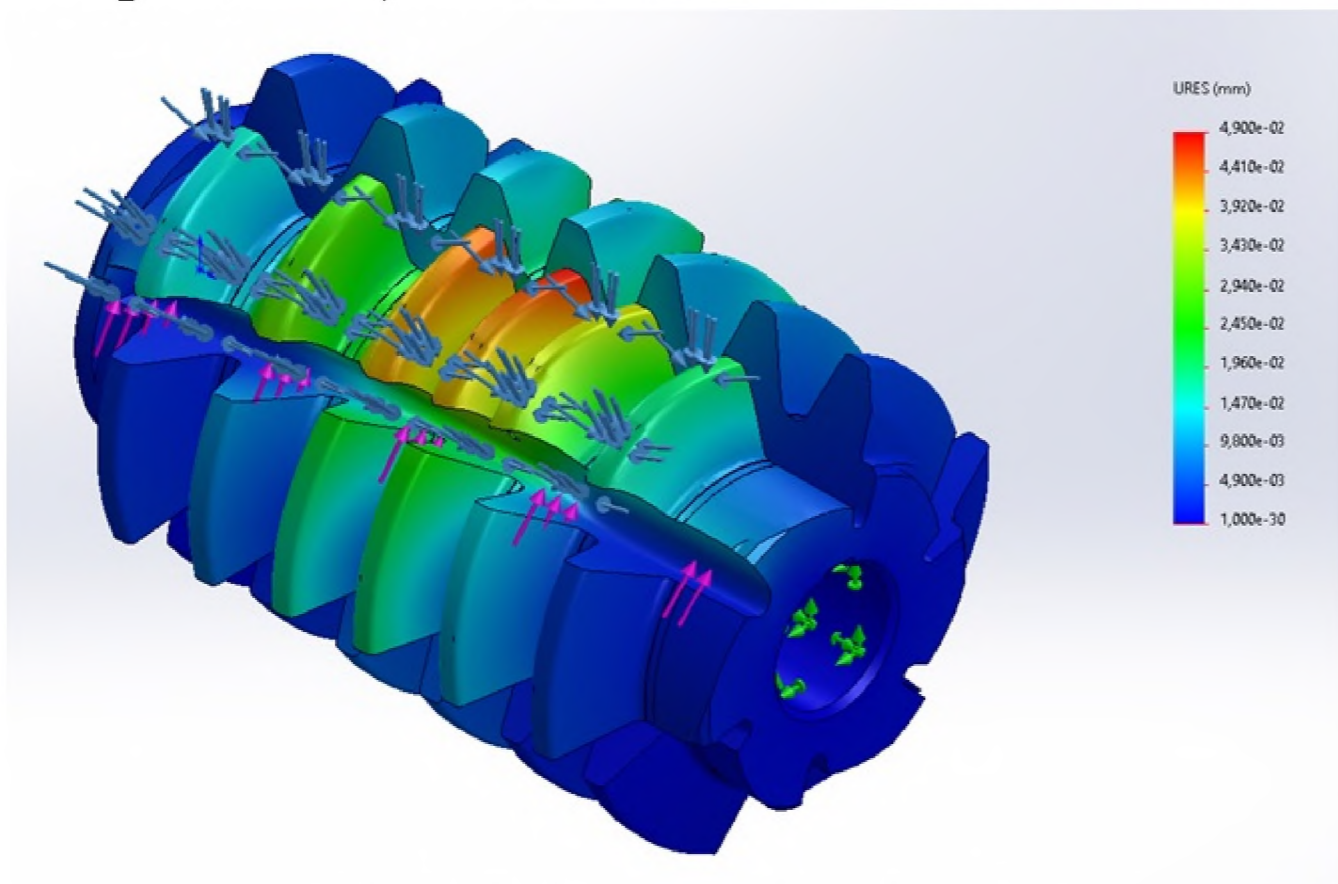
В(5:1)



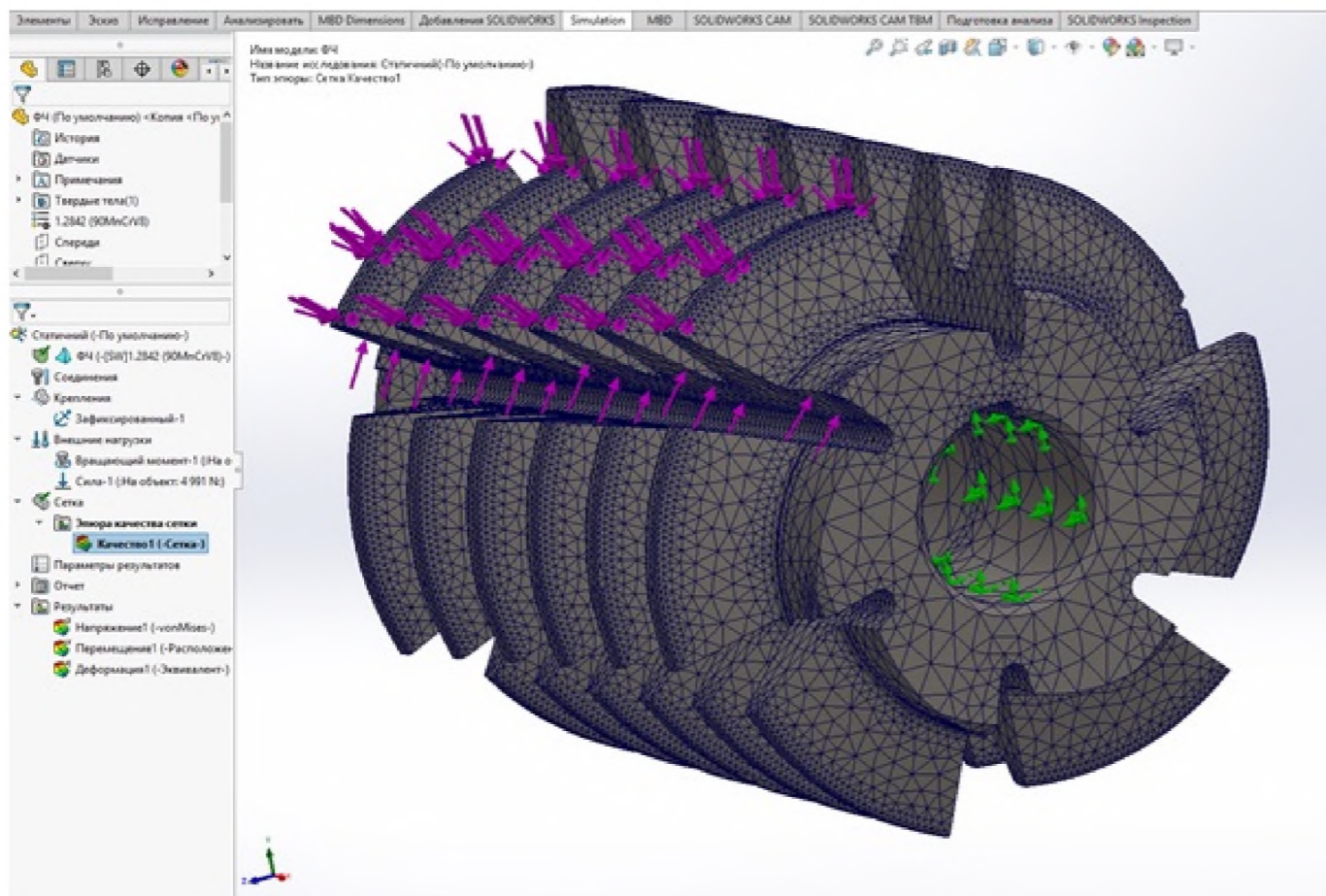
- Твердість 63...68 HRC.
- Невказані граничні відхилення отворів H14; валів h14; інших розмірів ±IT14/2.
- Маркірувати: модуль, клас точності, кут профілю, кут підйому витка, крок гвинтової стружечної канавки, марку сталі (т 11-AA-20°-ω 4°50'- крок 12213-Р6М5).

				КНУКБР.131.24.1-12.ФЧ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
							1:1
Разробив	Мазурок				Лист	Листів	1
Керівник	Рязанцев						
Н.контр.	Рязанцев	Сталь Р6М5 ДСТУ 7304:2013				Кафедра ТМ	
Затв.	Нечаєв					гр. ПМ-20	

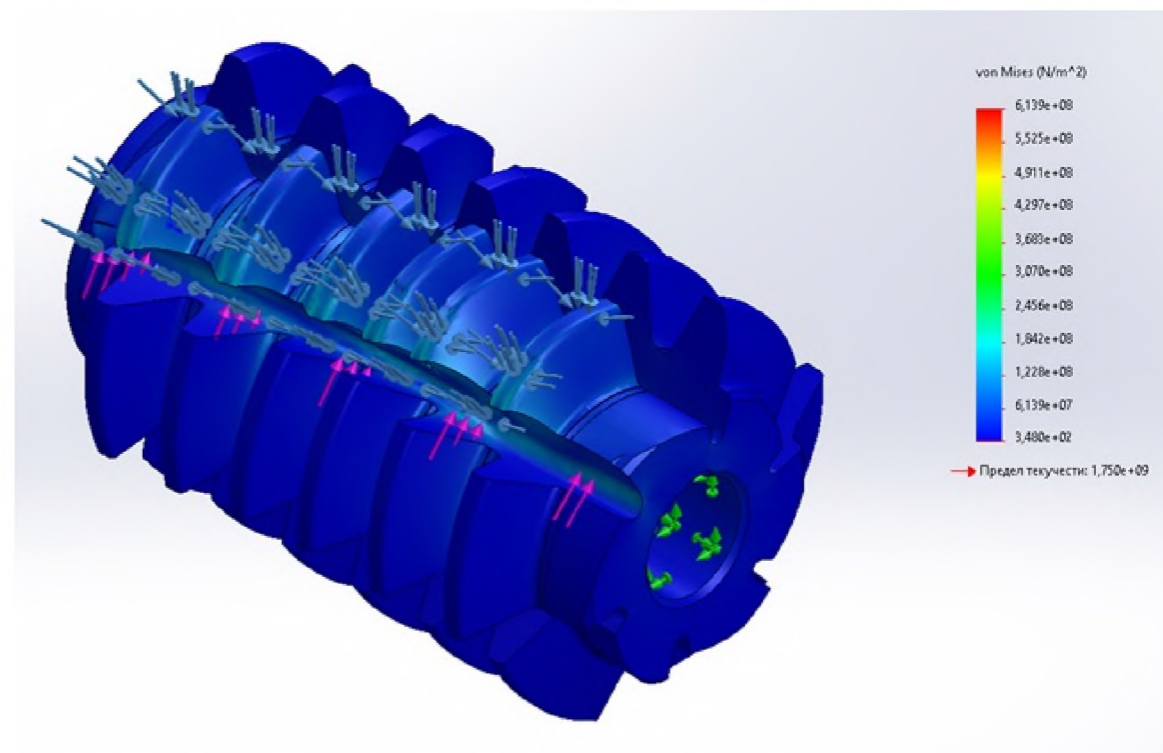
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



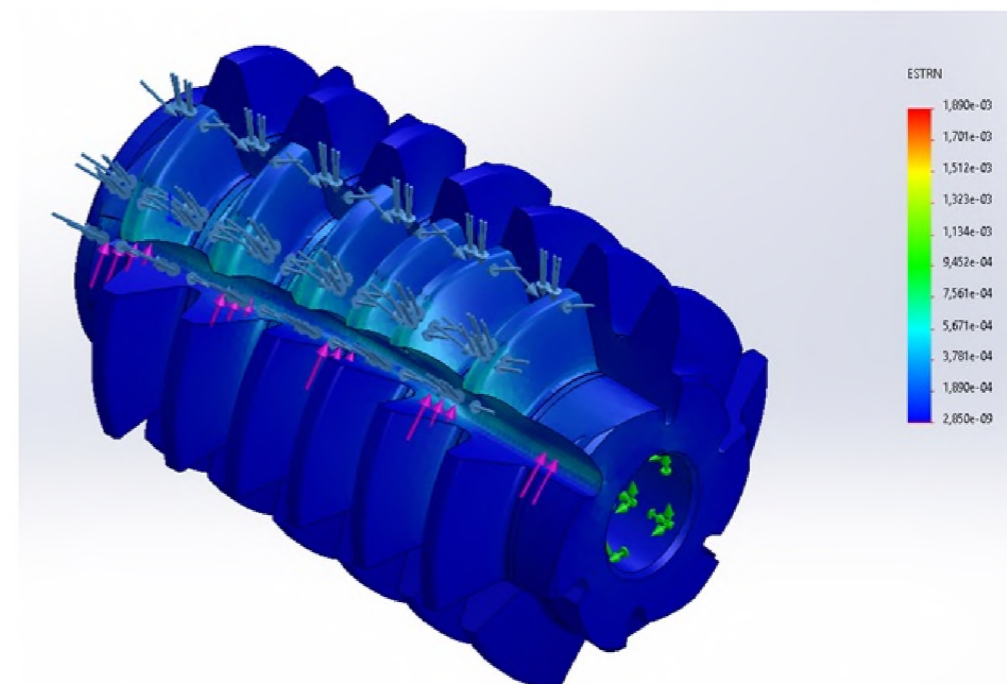
Сітка кінцевих елементів



Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation

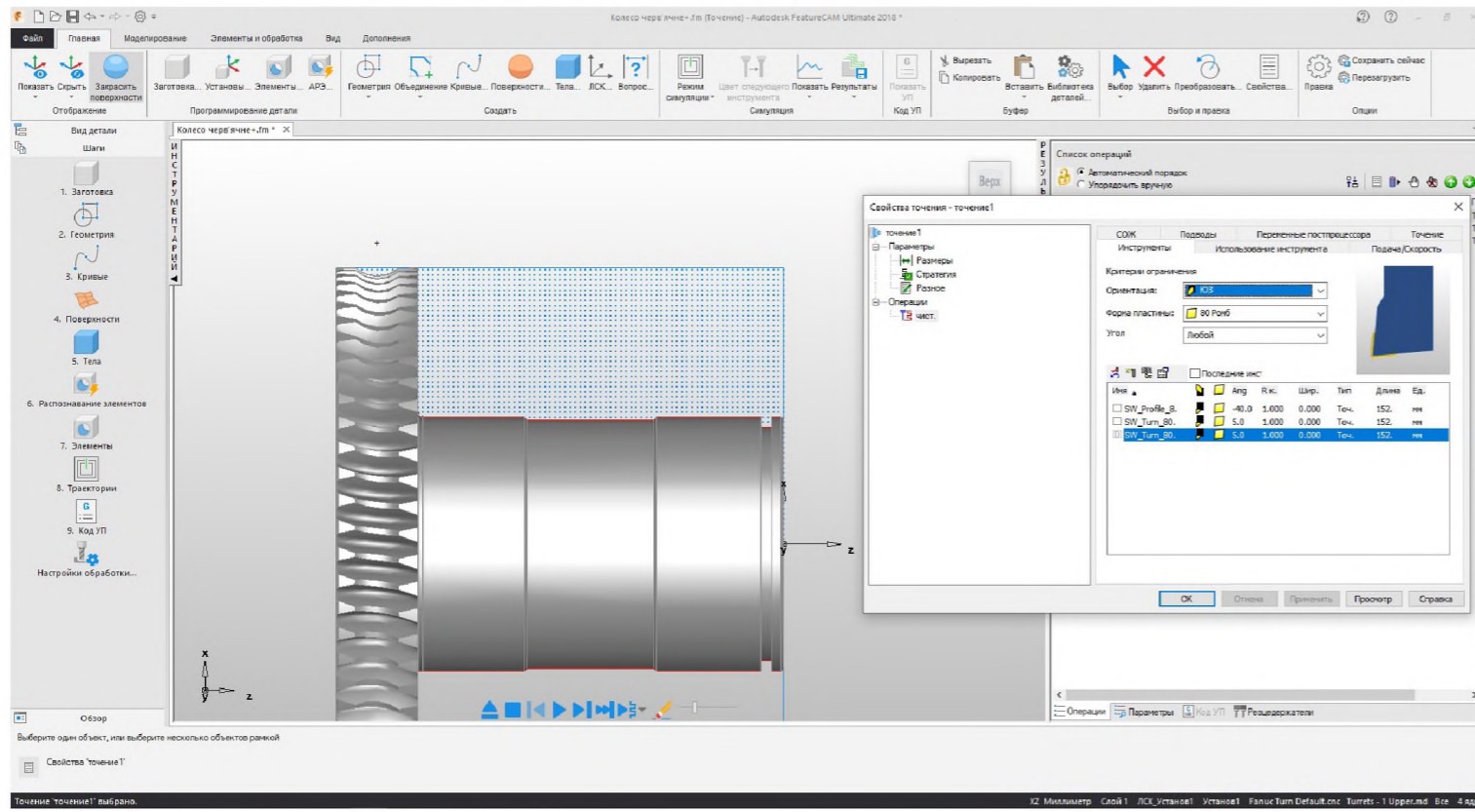


Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation

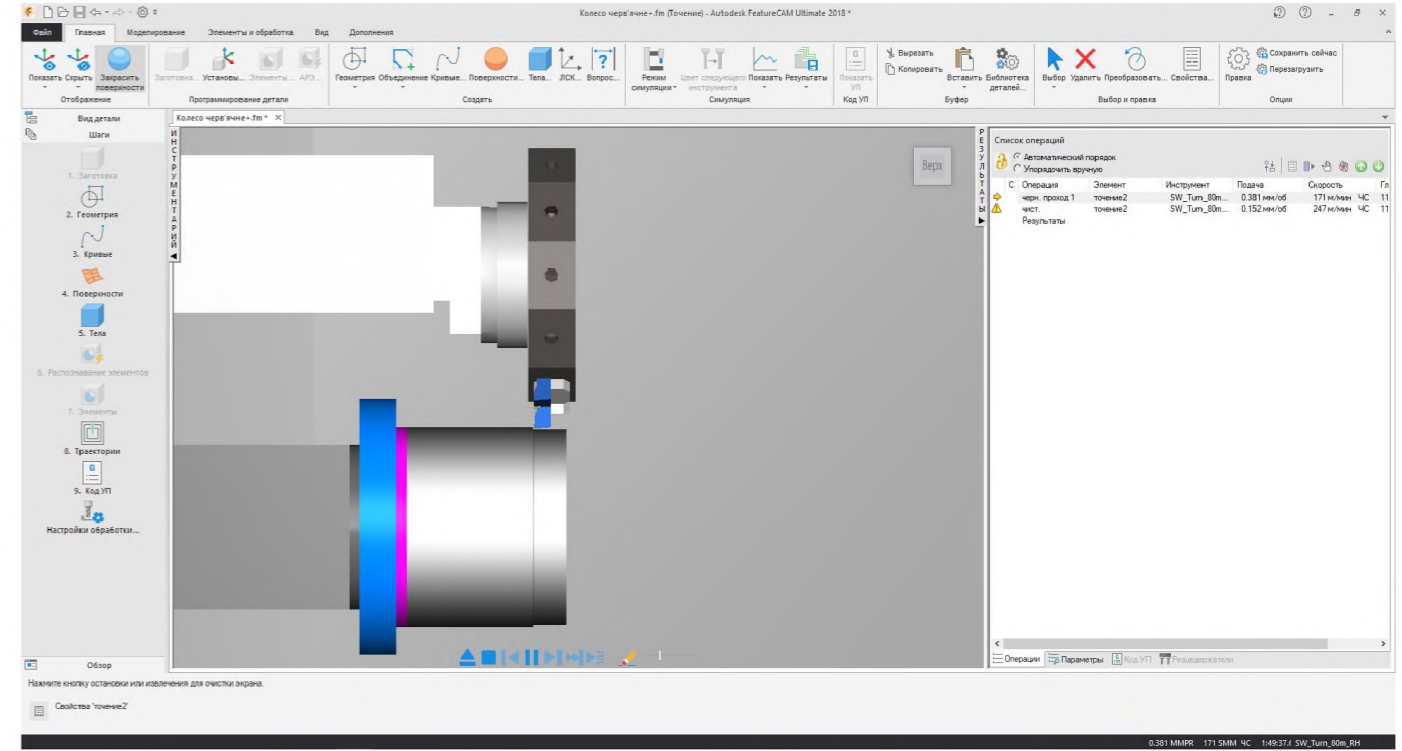


				<b>КНУ.КБР.131.24.1-12.ІАСРІ</b>		
				Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Мазурок			Н		
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Затв.	Нечаєв					

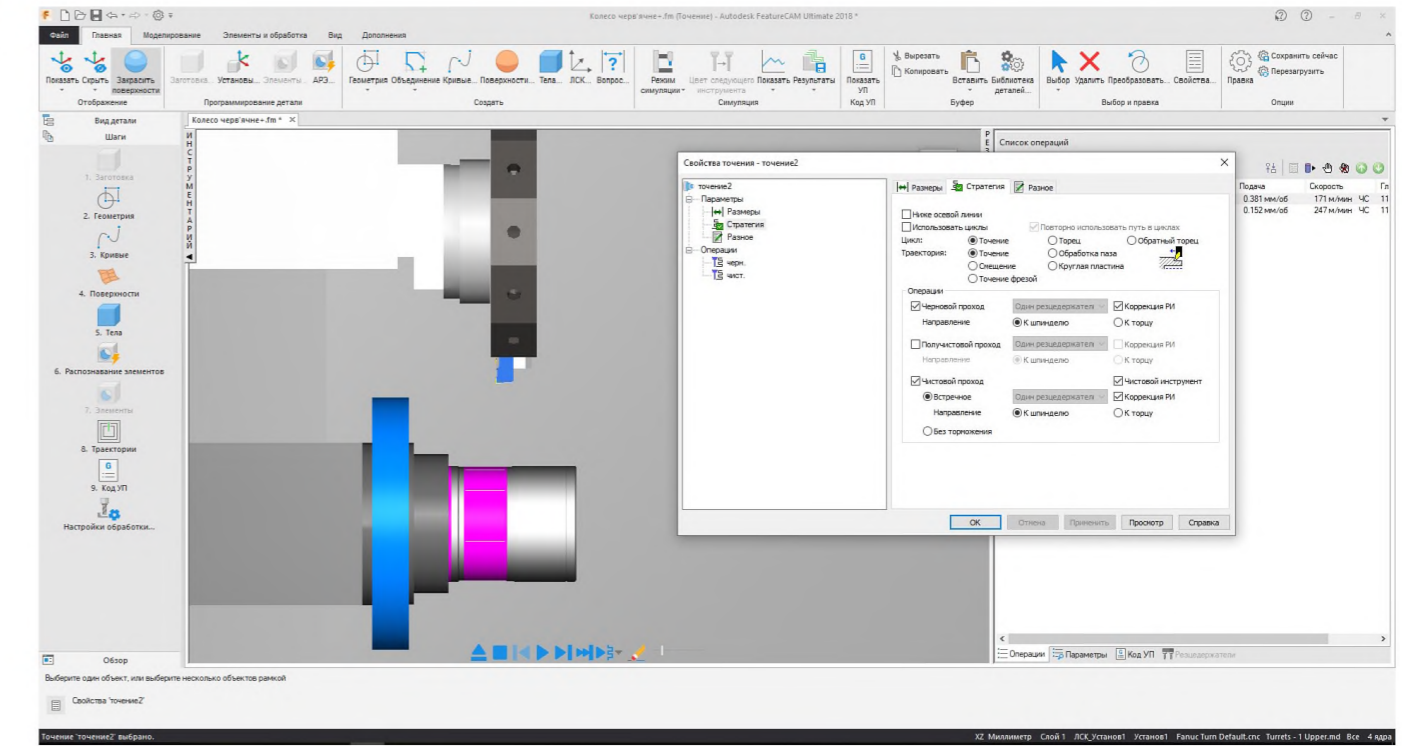
Етап вибору різального інструменту в меню програми



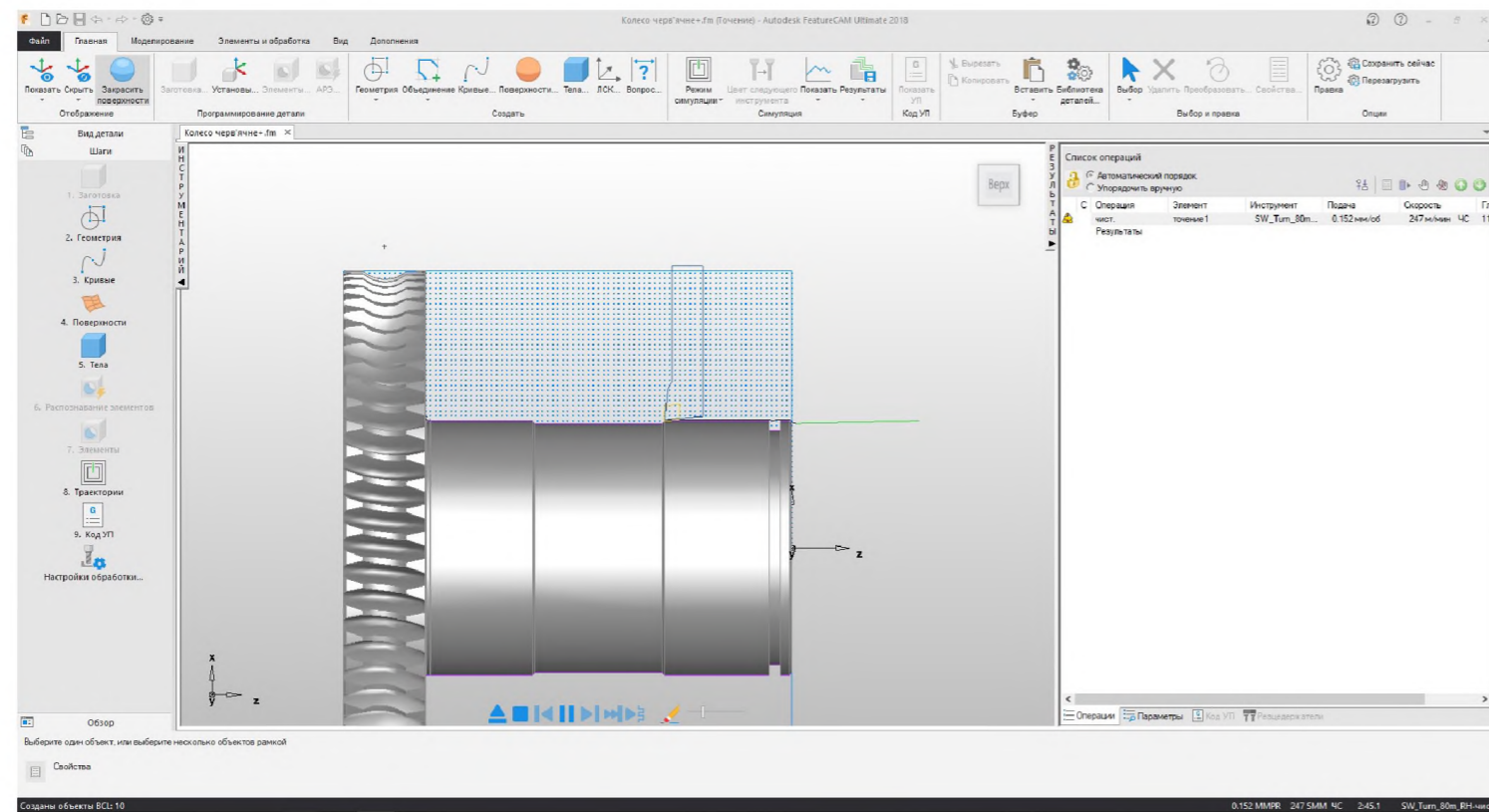
Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (точіння)



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



Траєкторія руху інструменту та вікно з етапами обробки



КНУ.КБР.131.24.1-12.МПМО

					Лит.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	Н		
Розробив	Мазурок				Лист	Листів	1
Керівник	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Н.контр.	Рязанцев						
Затв.	Нечаєв						