

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 «Вал зубчастий» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

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

Кривий Ріг
2024 р.

ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Кузьменко В.В.

Керівник КБР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

Нечасв 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 Кузьменко Валерій Віталійович

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

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

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

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал зубчастий». 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. Вал зубчастий. 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 _____

/ Нечасєв В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти _____

/Кузьменко В.В./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A4		1	КНУ.КБР.131.24.1-10.ПЗ	Пояснювальна записка	59	
				Креслення		
A2		2	КНУ.КБР.131.24.1-10.ВЗ	Вал зубчастий	1	
A3		3	КНУ.КБР.131.24.1-10.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A2		4	КНУ.КБР.131.24.1-10.ФЧ	Фреза черв'ячна	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-10.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		6	КНУ.КБР.131.24.1-10.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
КНУ.КБР.131.24.1-10.ВМКБР						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разрад.	Кущьменко				Лит.	Лист
Проб.	Нечаєв				Н	Листов
Н.контр.	Рязанцев				1	
Утв.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-20	
Відомість матеріалів КБР				Формат А4		

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 59 стор., 51 рисунок, 13 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: визначення оптимальної технології виготовлення валу зубчастого редуктору, що входить до складу екскаватора ЕКГ, та вибір найбільш підходящого різального інструменту для цього процесу.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення деталі «Вал зубчастий» редуктору екскаватору ЕКГ.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка процесу виготовлення деталі «Вал зубчастий» та вибір оптимального різального інструменту для досягнення найкращих результатів.

Зважаючи на значущість оптимізації процесу виготовлення складних деталей для сучасних механізмів, дипломна робота розглядає важливий аспект конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Вал зубчастий» редуктору та вибір різального інструменту. Це дослідження базується на узагальненні теоретичних знань зі сфери машинобудування та металообробки, а також на практичному досвіді виробництва.

Об'єктом нашої уваги є технологічні аспекти виготовлення зубчастих валів для редукторів, які вимагають високого рівня точності та якості.

З розвитком промисловості та підвищенням вимог до механізмів, ефективно виготовлення деталей, таких як вал зубчастий, стає критично важливим для забезпечення надійності та функціональності редукторів.

Ця робота має важливе значення для підвищення якості виробництва та оптимізації процесів машинобудівного виробництва.

Під час розробки використовувалися автоматизовані засоби проектування, зокрема, програмне забезпечення Solid Works і Autodesk. Був проведений інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних компонентів у конструкції, використовуючи інструменти модуля Simulation у програмі Solid Works.

ВАЛ ЗУБЧАСТИЙ, ЕКСКАВАТОР, ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, СОБІВАРТІСТЬ, МОДЕЛЮВАННЯ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.Р</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Кизьменко</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>							

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 59 pages, 51 figures, 13 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: determination of the optimal manufacturing technology of the gear reducer shaft, which is part of the EKT excavator, and the selection of the most suitable cutting tool for this process.

The object of the research is the manufacturing process of the "Gear shaft" part of the EKT excavator gearbox.

The subject of the study is the design and technological preparation of the manufacturing process of the Geared Shaft part and the selection of the optimal cutting tool to achieve the best results.

Taking into account the importance of optimizing the process of manufacturing complex parts for modern mechanisms, the thesis considers an important aspect of the design and technological preparation of the production of the part "Gear shaft" of the gearbox and the choice of the cutting tool. This study is based on the generalization of theoretical knowledge from the field of mechanical engineering and metalworking, as well as on practical experience of production.

The object of our attention is the technological aspects of manufacturing toothed shafts for gearboxes, which require a high level of precision and quality.

With the development of industry and increasing demands on mechanisms, the efficient manufacture of parts such as the gear shaft becomes critical to ensure the reliability and functionality of gearboxes.

This work is important for improving production quality and optimizing machine-building production processes.

During development, automated design tools were used, in particular, Solid Works and Autodesk software. An engineering analysis of a custom cutting tool was performed to identify critical components in the design using the Simulation module tools in Solid Works.

GEAR SHAFT, EXCAVATOR, WORM MILLER, PRODUCTIVITY, COST, SIMULATION.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.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	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	15
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	15
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	21
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	21
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	25
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	25
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	25
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	31
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	33
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	35
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	37
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	37
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	42
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	46
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	46
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	47
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	51
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	51
6.2 Охорона праці та екологія виробництва. Загроза забруднення повітря та відходів у водойму виробничою діяльністю	53
Висновки	58
Список використаних джерел	59

					<i>КНУКБР.131.24.1-10.3</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Кцзьменко</i>			Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.					<i>Зміст</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

ВСТУП

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

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

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

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

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кцзьменко</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи надаються креслення деталі «Вал зубчастий» та супутня схема вузла, до якого ця деталь належить. На рис. 1.1 зображено тривимірну модель вказаної деталі.

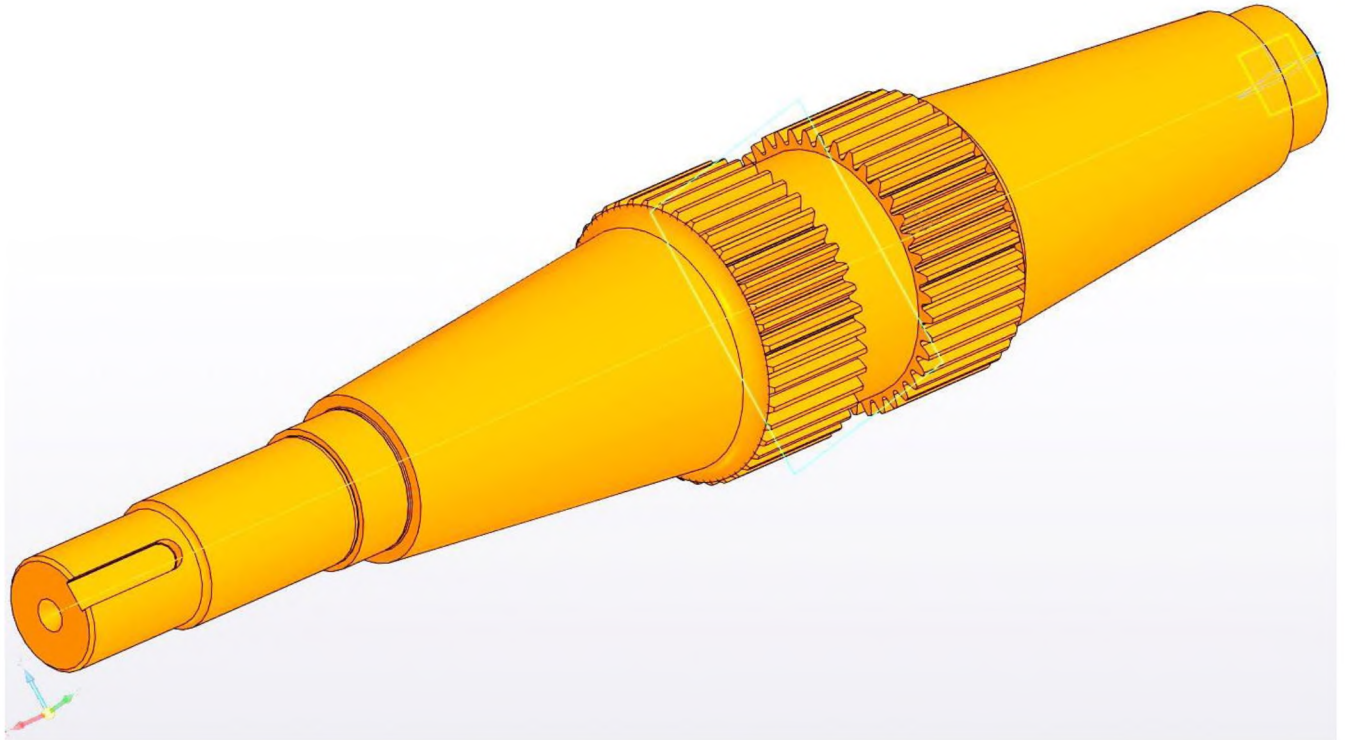


Рисунок 1.1 – Тривимірна модель «Вал зубчастий»

Було підготовлено технічне завдання для розробки оптимальної технології виготовлення валу зубчастого редуктору, що входить до складу екскаватора ЕКГ, та вибір найбільш підходящого різального інструменту для цього процесу.

Для досягнення поставленої мети необхідно розглянути наступні завдання:

- вивчення теоретичних аспектів виготовлення зубчастих валів;
- аналіз сучасних методів та технологій обробки металів;
- вибір найбільш оптимального різального інструменту.

Розмір партії замовлення – 500 штук на рік.

Об'єктом дослідження є процес виготовлення деталі «Вал зубчастий» редуктору екскаватору ЕКГ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.01.АСПМ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Кизьменко</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Вал з зубчастим з'єднується з іншими складовими цього вузла за допомогою шпонкового з'єднання. Давайте проаналізуємо параметри точності цього сполучення.

Задане шпонкове з'єднання ($\text{Ø}90 - 24 \times 14 - 2$).

$$1. D = 90; d = 90; b = 24; B_B = 24; B_{BT} = 24; h = 14; a = d - t_1 = 90 - 9 = 81; \\ A = D + t_2 = 90 + 5,4 = 95,4.$$

$$2. D = 90\text{H}7;$$

$d = 90\text{m}6$ (поле допуску зубчастого валу);

$$b = 24\text{h}9; \quad B_B = 24\text{H}9; \quad B_{BT} = 24\text{D}10;$$

$$h = 14\text{h}11; \quad a = 81\text{h}14; \quad A = 95,4\text{H}14.$$

$$3. 24\text{h}9: \quad es = 0; \quad ei = -52 \text{ мкм.}$$

$$24\text{H}9: \quad ES_B = +52 \text{ мкм}; \quad EI_B = 0.$$

$$24\text{D}10: \quad ES_{BT} = +149 \text{ мкм}; \quad EI_{BT} = +65 \text{ мкм.}$$

$$4. b_{max} = b_H + es = 24 + 0 = 24,0;$$

$$b_{min} = b_H - ei = 24 + (-0,052) = 23,948;$$

$$B_{Bmax} = B_B + ES_B = 24 + 0,052 = 24,052;$$

$$B_{Bmin} = B_B + EI_B = 24 + 0 = 24;$$

$$B_{BTmax} = B_{BT} + ES_{BT} = 24 + 0,149 = 24,149;$$

$$B_{BTmin} = B_{BT} + EI_{BT} = 24 + 0,065 = 24,065.$$

$$5. Tb = b_{max} - b_{min} = 24 - 23,948 = 0,052;$$

$$Tb = es - ei = 0 - (-52) = 52 \text{ мкм};$$

$$TB_B = B_{Bmax} - B_{Bmin} = 24,052 - 24 = 0,052;$$

$$TB_B = ES_B - EI_B = 52 - 0 = 52 \text{ мкм};$$

$$TB_{BT} = B_{BTmax} - B_{BTmin} = 24,149 - 24,065 = 0,084;$$

$$TB_{BT} = ES_{BT} - EI_{BT} = 149 - 65 = 84 \text{ мкм.}$$

$$6. 24 \frac{\text{H}9}{\text{h}9} - \text{з'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з зазором.}$$

$24 \frac{\text{D}10}{\text{h}9} - \text{з'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з зазором.}$

7. Шпонка – шпонковий паз вала.

$$S_{Bmax} = B_{Bmax} - b_{min} = 24,052 - 23,948 = 0,104;$$

					КНУ.КБР.131.24.1-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{B_{max}} = ES_B - ei = 52 - (-52) = 104 \text{ мкм};$$

$$S_{B_{min}} = B_{B_{min}} - b_{max} = 24 - 24 = 0;$$

$$S_{B_{min}} = EI_B - es = 0 - 0 = 0.$$

Шпонка – шпонковий паз втулки.

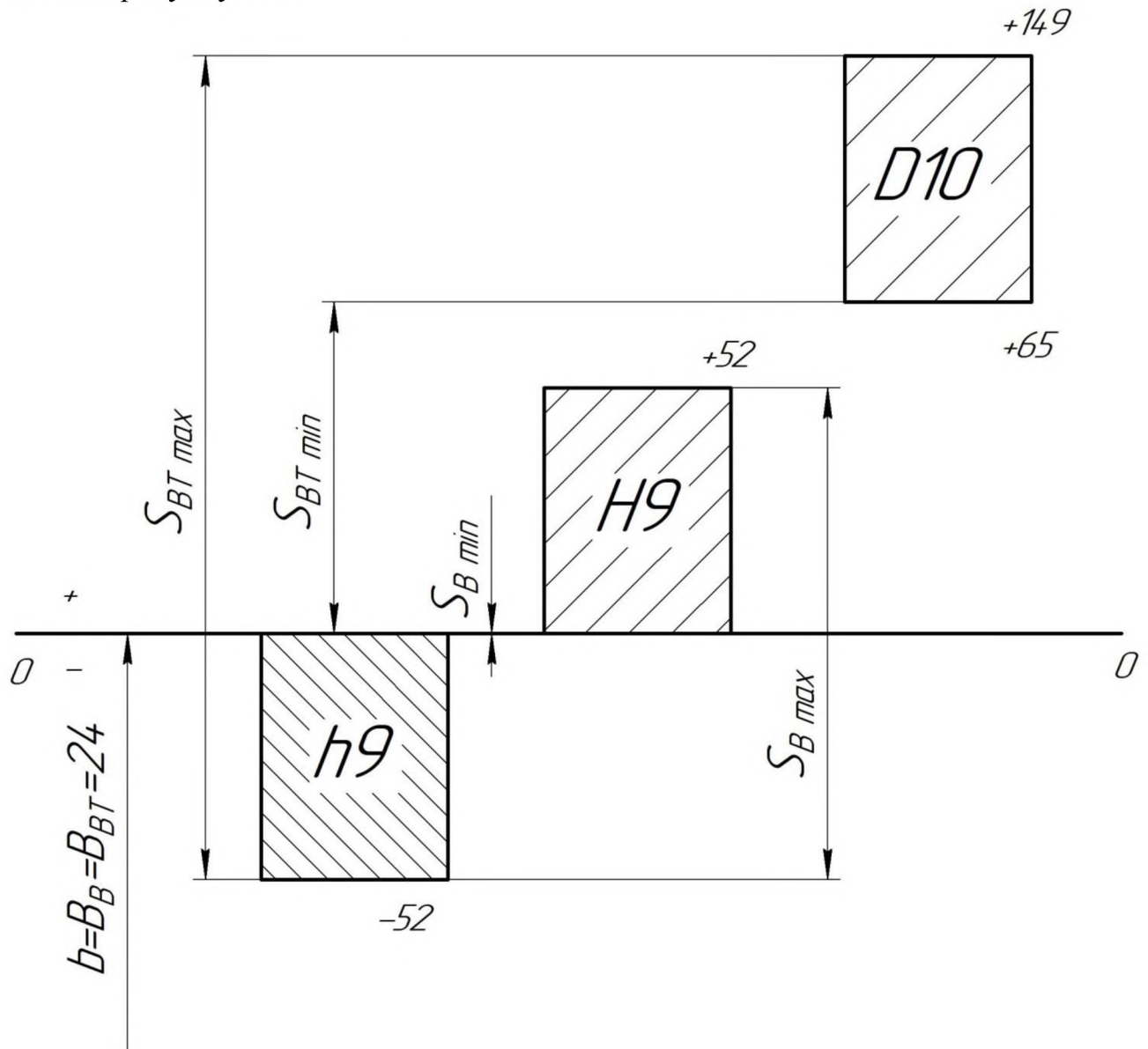
$$S_{BT_{max}} = B_{BT_{max}} - b_{min} = 24,149 - 23,948 = 0,201;$$

$$S_{BT_{max}} = ES_{BT} - ei = 149 - (-52) = 201 \text{ мкм};$$

$$S_{BT_{min}} = B_{BT_{min}} - b_{max} = 24,065 - 24 = 0,065;$$

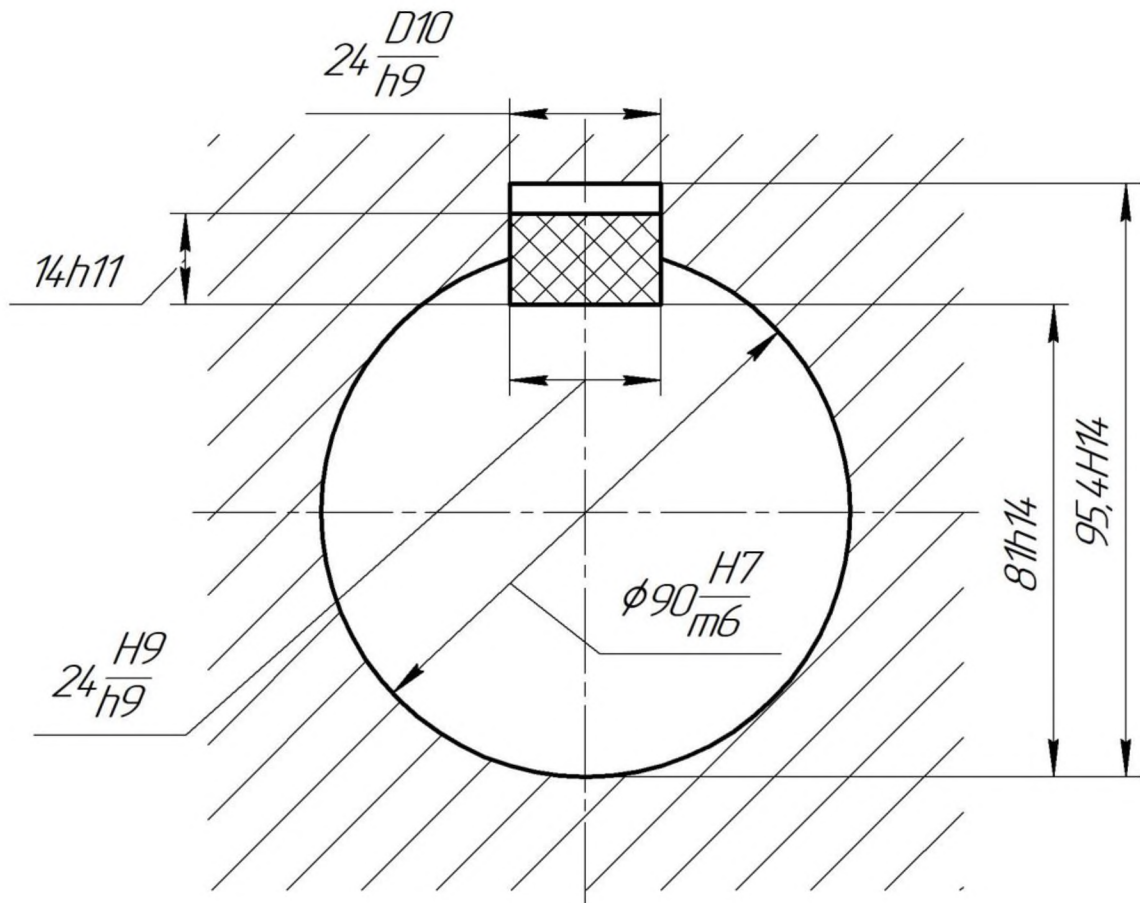
$$S_{BT_{min}} = EI_{BT} - es = 0,065 - 0 = 0,065 \text{ мкм}.$$

Схема полів допусків шпонкового з'єднання представлена на рисунку 1.3, а ескіз на рисунку 1.4.



Рисунку 1.3 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.24.1-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунку 1.4 – Ескіз шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.24.1-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміні

Вал зубчастий являє собою тіло обертання і відноситься до класу валів. Виготовлена з легованої сталі 35ХМ. І призначена для передачі крутного моменту за коштами шестерень і зубчастих коліс в редукторі.

Вал зубчастий є дуже відповідальною деталлю. Міцність валу визначає механічну надійність машини в експлуатації. Прямолінійність і міцність вала залежать не тільки від правильного розрахунку і вибору конструктивних розмірів, але і від технологічних процесів обробки вала і зборки посаджених на нього деталей.

Сталь 35ХМ, сталь конструкційна релаксаційна хромомолібденова. Застосування: Вали, шестерні, шпинделі, шпильки, фланці, диски, покриття, штоки та інші відповідальні деталі, що працюють в умовах великих навантажень і швидкостей при температурі до 450-500 ° С.

Замінники: 40Х, 40ХН, 30ХМ, 35ХГСА.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад Сталі 35ХМ, %

C	Si	Mn	Cu	Ni	S	P	Cr	MO
0,32-0,4	0,17-0,37	0,4-0,7	до 0,3	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8-1,1	0,15-0,25

Таблиця 2.2 – Температура критичних точок матеріалу Сталь 35ХМ, °С

$A_{c1} = 755$	$A_{c3}(A_{cm}) = 800$	$A_{r3}(A_{rcm}) = 690$	$A_{r1} = 750$	$Mn = 695$
----------------	------------------------	-------------------------	----------------	------------

Таблиця 2.3 – Технологічні властивості матеріалу Сталь 35ХМ

Зварюваність:	важко зварюється
Флокеночутливість:	чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості:	не схильна

Таблиця 2.4 – Механічні властивості при $T=20^{\circ}$ матеріалу Сталь 35ХМ

Сортамент	Розмір	σ_B	σ_T	δ_5	ψ	KCU	Термообробка
	мм	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	
Пруток	до 25	930	835	12	45	780	Закалка та відпуск
Прокат	до 200	700	500	16	45	600	Закалка 850-880, відпуск 585-650

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Кизьменко</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Таблиця 2.5 – Фізичні властивості матеріалу Сталь 45

T	E, 10 ⁻⁵	α , 10 ⁶	λ	ρ
Град.	МПа	1/Град.	Вт/(м·град)	кг/м ³
1	2	3	4	5
20	2,18			7820
100		12,3	40,6	7800
200	2,16	12,6	39,8	7770
300	2,05	12,9	38,5	7740
400	1,95	13,9	37,3	7700
500	1,86	14,4		7660

Таблиця 2.6 – Закордонні аналоги матеріалу Сталь 45

США	Німеччина	Японія	Франція	Англія	Китай	Швеція
-	DIN, WNr	JIS	AFNOR	BS	GB	SS
4135	1,7220	SCCrM3	34CD4	34CrMo4	35CrMo	2234
4135H	GS-34CrMo4	SCM3	38CD4	708A37	ML35CrMO	
G41300		SCM430				

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Виходячи з остаточних вимог до точності та якості поверхонь деталей, ми вибираємо послідовність технологічних методів обробки, які забезпечать відповідну якість поверхні, як вказано у робочому кресленні.

Послідовність обробки, яку ми обрали, подається у таблиці 2.7, а нумерація поверхонь деталі наведена на рисунку 2.1.

Таблиця 2.7 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки

№ поверх.	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, $\pm IT$	Послідовність технологічних методів обробки	Прим.
1	2	3	4	5	6
1	Торець L=1230	12,5	14	Точіння чорнове	
2	Фаска 3x45°	12,5	$\pm 14/2$	Точіння фаски	
3	$\varnothing 90$	12,5 6.3 3.2 1.6 0.8	h14 h12 h9 m6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	m6

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
4	R5	3,2	$\pm 14/2$	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	
5	Торець L=115	12,5	14	Точіння чорнове	
6	Ø100	12,5 6,3 3,2 1,6	h14 h12 h8	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
7	R3	12,5 6,3 3,2	$\pm 14/2$	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
8	Торець L=48	12,5 6,3 3,2	14	Підрізка торцю чорнова Підрізка торцю напівчистова Підрізка торцю чистова	
9	Ø110	12,5 6,3 3,2 1,6 0,8	h14 h12 h9 m6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
10	Торець L=309	12,5 6,3 3,2	14	Підрізка торцю чорнова Підрізка торцю напів чистова Підрізка торцю чистова	
11	Фаска 1x45°	12,5	$\pm 14/2$	Точіння фаски	
12	Ø130 Ø190 L=309	12,5	h14	Точіння чорнове	
13	R15	12,5 6,3 3,2	$\pm 14/2$	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
14	Торець L=256	12,5 6,3 3,2	14	Підрізка торцю чорнова Підрізка торцю напівчистова Підрізка торцю чистова	
15	Фаска 3x45°	12,5	$\pm 14/2$	Точіння фаски	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
30	Торець L=874	12,5	14	Точіння чорнове	
31	R3	12,5 6,3 3,2	$\pm 14/2$	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
32	$\varnothing 110$	12,5 6,3 3,2 1,6 0,8	h14 h12 h9 m6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Шліфування попереднє Шліфування чистове	
33	Фаска 3x45	12,5	$\pm 14/2$	Точіння фаски	
34	Торець L=1230	12,5	14	Точіння чорнове	
35	Паз b=24 L=110	12,5 6,3 3,2	$\pm 14/2$	Фрезерування чорнове Фрезерування напівчистове Фрезерування чистове	
36	l=83	12,5 6,3 3,2	$\pm 14/2$	Фрезерування чорнове Фрезерування напівчистове Фрезерування чистове	
37	$\varnothing 26$	12,5 6,3 3,2 1,6	$\pm 14/2$	Свердління чорнове Свердління напівчистове Свердління чистове	
38	m=5	12,5 6,3 3,2	h14 h12 h9	Нарізання зубів чорнове Нарізання зубів напівчистове Нарізання зубів чистове	

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

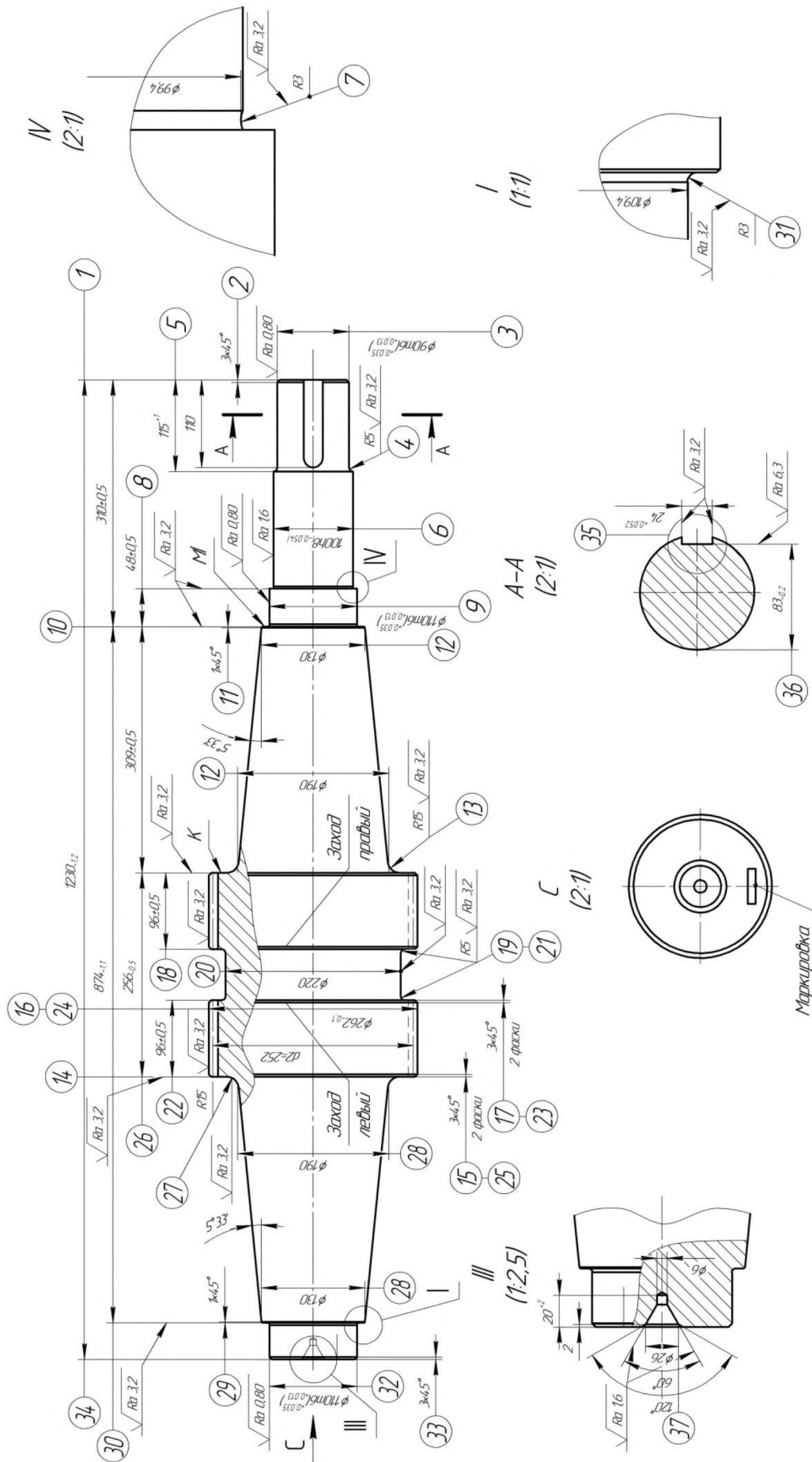


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вал зубчатый»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД

Арк.

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь на кресленні представлена головним видом в масштабі 1:4. Також присутні переріз А-А (2:1), види Б (1:1), В (2:1), Г (2,5:1), Д (2:1). Додатково є таблиця з параметрами зубчастого зачеплення. На деталі проставлені всі необхідні поверхні та шорсткість. Додаткова інформація міститься в технічних вимогах.

Деталь не має оброблюваних поверхонь в ускладнених для доступу інструменту місцях, зручна форма і великі розміри дозволяють міцно і надійно закріплювати деталь, не порушуючи законів єдності і суміщення баз, дозволяє широко використовувати засоби автоматизації та механізації.

Конструкція деталі технологічна, хоча і вимагає застосування високо точного обладнання. З найбільшою точністю обробляються поверхні зубів, шийок під підшипники.

Деталь допускає застосування високопродуктивних режимів обробки, має хороші базові поверхні для початкових операцій і проста по конструкції і конфігурації.

Деталь працює в складних умовах. Ймовірний підвищений знос в місцях контакту з підшипниками, а так само знос зубів шестерні, що вимагає особливих заходів по зміцненню та обробці цих місць.

Щодо технологічності конструкції деталі можна висловити наступні міркування. На підставі робочого креслення деталі, умов роботи деталі в конструкції, а також, з огляду на те, що конструкція деталі досить добре відпрацьована очевидно, що про заміну деталі звареної, збірної чи якоїсь іншої конструкції мова не йде. Недоцільно також робити заміну матеріалу, тому що наявний задовольняє вимогам за міцністю, властивостям і оброблюваності.

Зовнішні поверхні деталі можуть бути використані в якості настановних або опорних баз при обробці. Крім того, вони можуть бути використані в якості баз при складанні.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес обробки заданої деталі складається з наступних технологічних операцій:

- 005 – токарна чорнова обробка;
- 010 – токарна напівчистова обробка;
- 015 – багатоцільова операція.
- 020 – зубофрезерна операція.

На токарні чорнові та напівчистові операції обираємо верстат 1740РФЗ. Верстат - напівавтомат призначений для обробки деталей в патроні або центрах, призначений для токарної обробки за програмою циліндричних, торцевих, конічних, східчастих і криволінійних поверхонь деталей з чорних і кольорових металів і сплавів, а також для свердління й розточування центральних отворів, нарізування зовнішніх і внутрішніх різьблень.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Верстат призначений для обробки деталей в патроні із ступінчастим і криволінійним профілями в умовах дрібносерійного і серійного виробництва.

На токарні та фрезерні чистові операції обираємо інтегрований центр ТФЦ 600-7.

Він призначений для комплексної токарної обробки деталей (тіл обертання) з виконанням фрезерних, зубооброблюючих, свердлильно-розточувальних операцій. Верстат забезпечує послідовну двосторонню обробку з автоматичною передачею деталі з патрона в патрон двох шпиндельних бабок. Багатофункціональність верстата, висока точність і швидкість обробки дозволяють використовувати його для виготовлення високоточних і складнопрофільних деталей на підприємствах різних галузей промисловості з застосуванням сучасного інструменту.



Рисунок 2.2 – Верстат мод. 1740РФ3

Таблиця 1.8 – Технічні характеристики верстату 1740РФ3

Технічна характеристика	Значення
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над супортом, мм	400
Найбільший діаметр оброблюваного виробу над станиною, мм	630
Відстань між центрами, мм	1500; 2000
Продовження таблиці 1.8	
Частота обертів шпинделя, об/хв	16-2500
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	До 60
Габарит верстату, мм (довжина, ширина, висота)	6000x2310x3050
Вага верстату, кг	16500

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Інтегрований центр ТФЦ 600-7

Таблиця 1.9 – Технічні характеристики верстата ТФЦ 600-7

Технічна характеристика	Значення
Найбільші розміри оброблюваної заготовки, мм	
діаметр (токарно-свердлильно фрезерний модуль)	760
діаметр (револьверна головка)	420
довжина	1500
Передня бабка:	
передня частина шпинделя по DIN 55026	A8
діаметр отвору в шпинделі, мм	80
найбільша кількість обертів шпинделя, об/хв	4400
потужність двигуна, кВт	22
Задня бабка:	
передня частина шпинделя по DIN 55026	A6
найбільша кількість обертів шпинделя, об/хв	5800
потужність двигуна, кВт	22
Токарно-свердлильно-фрезерний модуль:	
потужність приводу фрезерного шпинделя, кВт	16,8
найбільше число обертів фрезерного шпинделя, об/хв	7000
найбільший крутний момент на шпинделі, Нм	100
Інструментальна система	HSK-63
Система автоматичної зміни інструментів:	
кількість інструментів в магазині, шт	20
час зміни інструменту, с	3
кількість інструментів револьверної головки, шт	8
Вага верстату, кг	9800

Зубообробка буде виношуватись на зубофрезерному верстаті 5A375.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>					

Таблиця 1.10 – Типи та моделі металорізальних верстатів з обробки поверхонь деталі

№ з/п пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10, 11,12,13,14,15,16, 17,18,19,20,21,22, 23,24,25,26,27,28, 29,30,31,32,33, 34	Токарна	Верстат 1740РФ3 Інтегрований центр ТФЦ 600-7
35, 36	Фрезерна	Інтегрований центр ТФЦ 600-7
37	Свердлильна	Інтегрований центр ТФЦ 600-7
38	Зубонарізна	Зубофрезерний 5А375

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Враховуючи обсяг та характер раніше встановлених технологічних методів обробки поверхонь, необхідно відібрати сучасні види інструментів, які пропонуються вітчизняними та зарубіжними виробниками. Для кожної поверхні деталі ми вибираємо та обґрунтовуємо тип інструменту, а також подаємо ескіз інструменту. Отримані дані вносимо у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип інструменту	Примітка
1	2	3	4
Обдирна операція	Токарна	Різець прохідний відігнутий	
1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31,32,33,34	Токарна	Різець МТО	
37	Свердлильна	Свердло	
35, 36	Фрезерна	Кінцева фреза	
38	Зубонарізна	Черв'ячна фреза	

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Обґрунтовуємо тип інструменту та представляємо його ескіз.

Прохідний відігнутий різець для обдирної операції обираємо з ISO-2R FENES 0641-153-402-020 (рис. 3.1).

Геометричні параметри: переріз різця ($h \times b$) – 20x20; $l = 16$; $h_1 = 13,5$; $h_2 = 17,0$; $k = 13$; $m = 7,2$.

Вибір інших інструментів проводимо за каталогом інструментів «Seco» [2].

Різець для зовнішньої обробки та точіння канавок зображений на рис. 3.2.

Державка C6-CFOR-45090-05-JET та C6-CFOL-45090-05-JET [2, с. 494] для одночасної обробки з двох сторін при використанні лонету.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Кизьменко</i>			<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

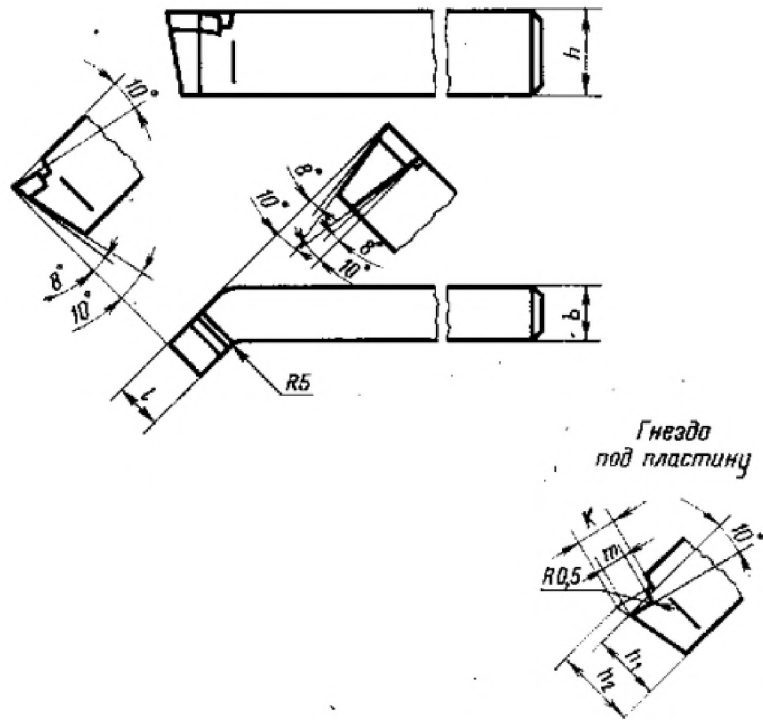


Рисунок 3.1 – Різець прохідний відігнутий ISO-2R FENES 0641-153-402-020

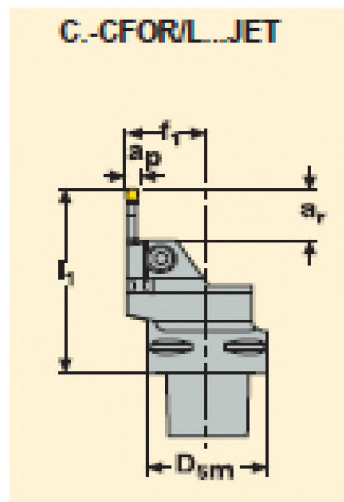


Рисунок 3.2 – Ескіз різця для зовнішньої обробки

Хвост Сарто	Обозначение	Размеры в мм					KG	Размер гнезда		
		D _{5m}	f ₁	l ₁	a _r **	DCINN3*				
С6	5	C6-CFOR-45090-05-JET	63	45,0	90	30	195	1,2	5	LC..1605..
		C6-CFOL-45090-05-JET	63	45,0	90	30	195	1,2	5	LC..1605..

Рисунок 3.3 – Геометричні параметри державки

Підбираємо пластини для чорнового, напівчистового, чистового та тонкого точіння.

					КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо стружколоми [2, с. 25].

Для чорнового точіння R.

Для полувчистового точіння стружколом M.

Для чистового і тонкого точіння F.

Для чорнового та напівчистового точіння [2, с. 32] вибираємо стружколом MR3 (рис. 3.4).

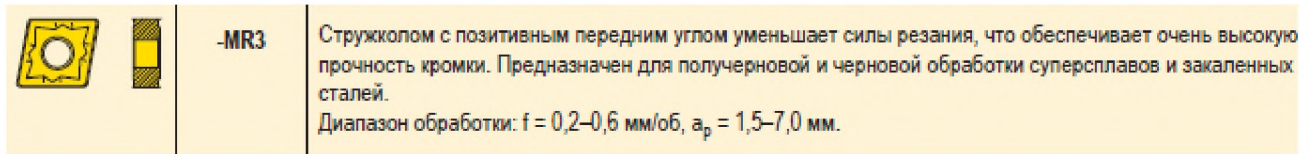


Рисунок 3.4 – Стружколом для чорнового точіння

Для чистового і тонкого точіння [2, с. 32] вибираємо стружколом MF2 (рис. 3.5).

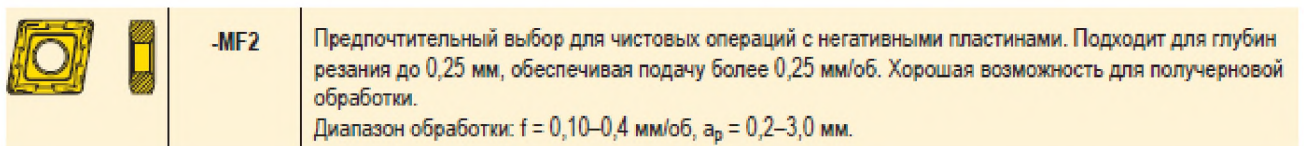


Рисунок 3.5 – Стружколом для тонкого точіння

Для чорнової та напівчистої обробки – LCMR 1605M0-0500-MP. Пластина без покриття 883 [2, с. 583] (рис. 3.6).

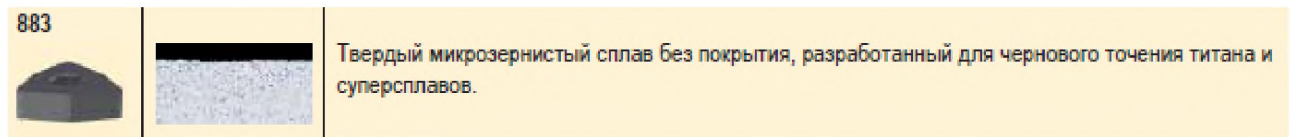


Рисунок 3.6 – Матеріал для пластини без покриття 883

Для чистої обробки – LCMF 160504-0500-FT. Покриття пластини CP200 [2, с. 578] (рис. 3.7).

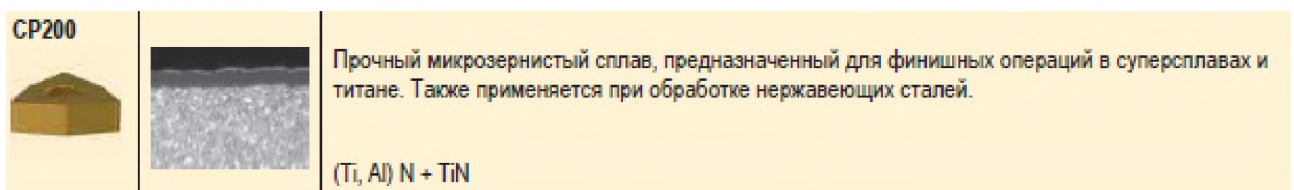


Рисунок 3.7 – Покриття CP200

За каталогом «SECO» [3] обираємо свердло для обробки отвору $\varnothing 6$. Свердло SD1103-0600-020-06R1 [3, с. 26] (рис. 3.8).

					КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Цилиндрический хвостовик DIN 6537A

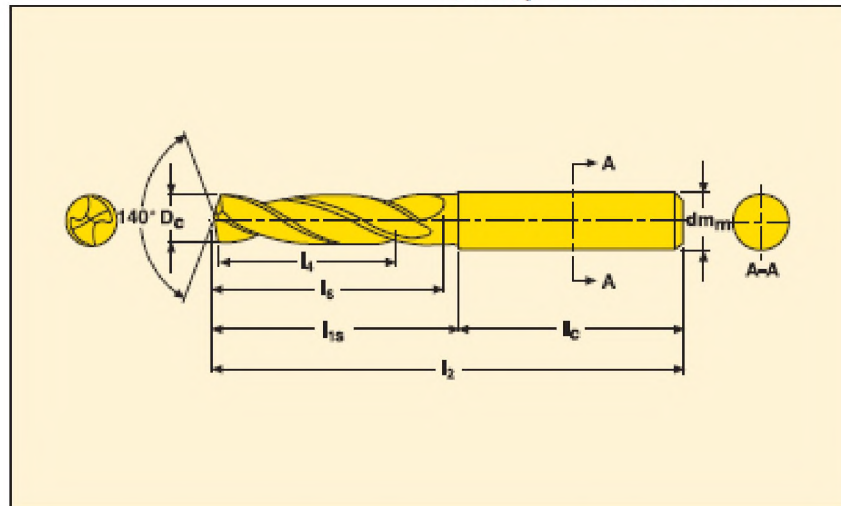


Рисунок 3.8 – Ескіз свердла для обробки отвору

D _c (мм)	D _c m7 (дюйм)	Размер развертки*	Тип резьбы (метчик)	Раскатчик	l ₄	Обозначение	Размеры в мм				
							l ₂	l _{1s}	l _c	l ₆	d _m h6
6,000	–	–	NPTF1/16	–	20	SD1103-0600-020-06R1	66	30	36	28	6

Рисунок 3.9 – Геометричні параметри державки

За каталогом «SECO» [3] обираємо свердло для обробки центрального отвору Ø26. Обираємо хвостовик [3, с. 464] (рис. 3.10).

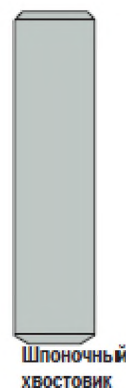


Рисунок 3.10 – Хвостовик для обробки отвору

MM06

Дизайн	Обозначение	Размер соединения	Размеры в мм							KG	Обозначения дополнительных частей
			D _{5k}	d _m	β°	l ₁	l ₂	l _p			
1	MM06- 12065.0-0000	MM06	5,7	12	60	0	65	15	0,1	1	

Рисунок 3.11 – Геометричні параметри хвостовика

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ	Арк.

Центрувальне свердло [3, с. 465] та обробка фасок (рис. 3.12 та 3.13).

Центровочное сверло

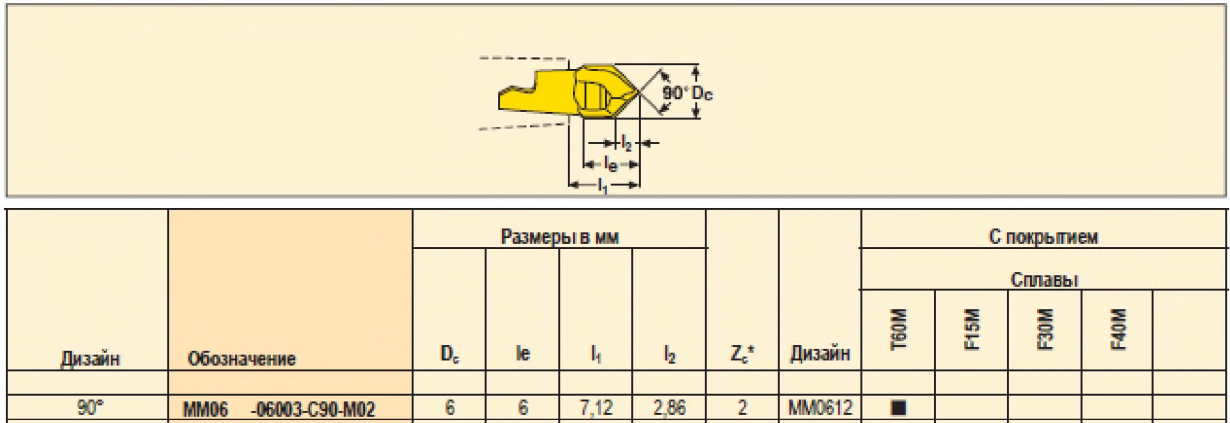


Рисунок 3.12 – Центрувальне свердло та його параметри

Обработка фасок

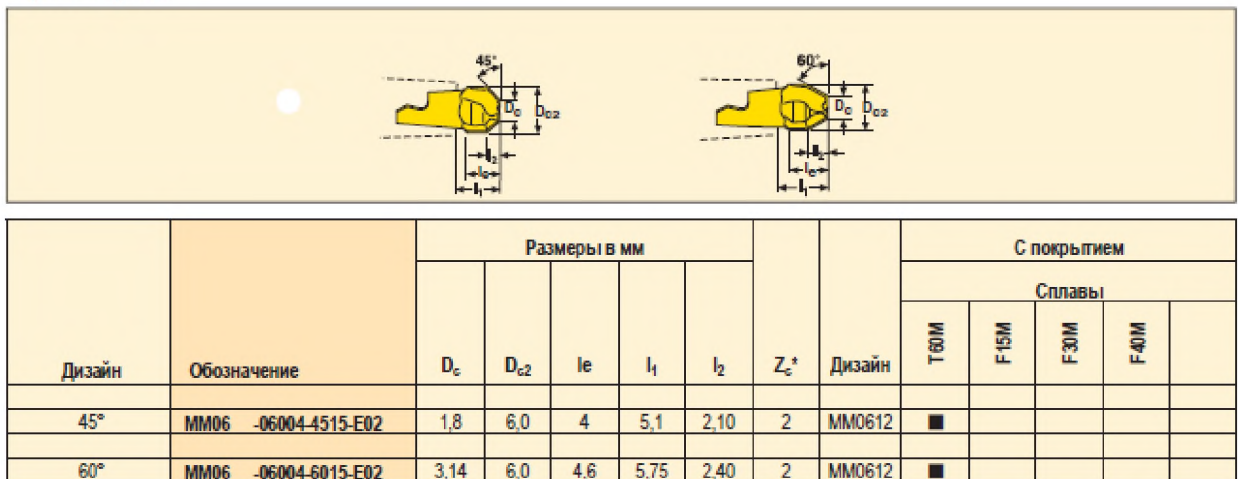


Рисунок 3.13 – Обработка фасок та параметри

За каталогом «SECO» [4] обираємо кінцеву фрезу для обробки пазу $b=24$, $L=110$. Обробка у два проходи. Фреза R217.69 -2020.0-10-3A [4, с. 27] (рис. 3.14).

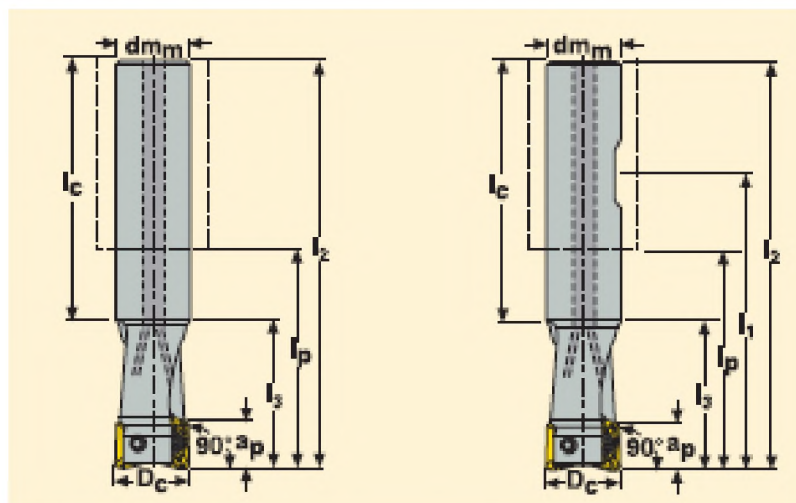


Рисунок 3.14 – Кінцева фреза для обробки пазу $b=24$, $L=110$

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		




Обозначение	Тип крепления	Размеры в мм									α° max				Пластина
		a_p	D_c	d_{mm}	l_1	l_2	l_3	l_p	l_c						
R217.69 -2020.0-10-3A	Цилиндрич.	9	20	20	-	150	35	100	115	4,5	3	0,3	26300	ХО.Х10Т3..	

Рисунок 3.15 – Геометричні параметри фрези

Для чорнової, напівчистої та чистої обробки пластина – ХОЕХ 10Т304R-M06 [4, с. 622]. Покриття пластини MP2500 (рис. 3.16).


	MP2500	Сплав с покрытием CVD на основе технологии нанесения покрытия Duratomic™. Основной сплав для фрезерования сталей, а также легко и средне-обрабатываемых нержавеющей сталей, как с применением СОЖ, так и без. Ti (C, N) + Al ₂ O ₃ .
---	---------------	---

Рисунок 3.16 – Покриття пластини

Таблица 3.2 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ пов.	Найменування інструмента	Основні розміри інструмента, пластини	Матеріал інструменту	Шифр інструмента (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1,2,3,4,5, 6,7,8,9,10, 11,12,13, 14,15,16, 17,18,19, 20,21,22, 23,24,25, 26,27,28, 29,30,31, 32,36	Різець МТО Різець відігнутий прохідний	$D5m=64$; $f_1=45$; $l_1=90$; $ar=30$	Чорнова оборобка: 883 Напівчистова оборобка 883 Чистова оборобка CP200	Токарний різець Державка: C6-CFOR- 45090-05-JET; C6- CFOL-45090-05-JET Пластини: LCMR 1605M0-0500-MP; LCMF 160504-0500-FT
33	Фреза кінцева	$a_p=9$; $D_c=20$; $D_{mm}=20$; $l_2=150$; $l_3=35$; $l_p=100$; $l_c=115$ $a_p=5$; $D_c=12$; $D_{mm}=10$; $l_1=10$; $l_3=12$; $l_p=80$; $l_c=102$	MP2500	Державка R217.69 – 2020.0-10-3A Пластина ХОЕХ 10Т304R-M06

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

КНУКБР.131.24.1-10.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
35	Свердло	Dc=6; Dmm=6; l ₁ =30; l ₆ =28; l ₂ =66; l _c =36	P9	SD1103-0600- 020-06R1
34	Фреза черв'ячна	d=60	P6M5	

Таблиця 3.3 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструмента	Матеріал різальної частини інструмента	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1,2,3,4,5,6,7, 8,9,10,11,12, 13,14,15,16, 17,18,19,20, 21,22,23,24, 25,26,27,28, 29,30,31,32, 36	Різець МТО Різець відігнутий прохідний	Без покриття 883 Твердий сплав із покриттям CP200	C45 C45	Стружколоми MR3, MF2 $\gamma_o^\circ = -6^\circ$ $\lambda_s^\circ = -6^\circ$ $\alpha^\circ = 95^\circ$
35	Свердло	Без покриття	C45	
33	Фреза твердосплав на кінцева	MP2500	C45	$\gamma_o^\circ = 30^\circ$ $2\varphi^\circ = 140^\circ$ $\gamma_o^\circ = 5^\circ$ $\varphi^\circ = 15^\circ$
34	Фреза черв'ячна	P6M5		

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з вибраних видів інструментів вибираються найбільш важкі умови роботи (первинна обробка). З урахуванням параметрів різання (фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, характеристики верстата та режими різання) визначаються сили різання. Бажано використовувати автоматизований розрахунок режимів різання. Обраний інструмент перевіряється на міцність під найважчими умовами обробки.

Ефективну потужність різання розрахуємо за допомогою програмного забезпечення «SecoCut». Обираємо вкладку «Milling», далі натискаємо на кнопку «Click here to choose a category» для вибору типу фрези, наступним кроком обираємо шифр фрези. Далі вносимо до потрібних комірок значення діаметру обробки, глибини різання та обираємо групу оброблюваності матеріалів. Результат розрахунку показаний на рисунку 3.17.

					КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

The screenshot shows the 'Seco Cutting Data' software window. The 'Milling' tab is active. The 'Cutter' dropdown is set to 'R217.69-06'. The 'Diameter' is set to '12'. The 'Insert' dropdown is set to 'XOMX060204R-M05'. The 'Grade' dropdown is set to 'F16M'. The 'Input data' section includes: Material group: 3, Position: Side, K-value: 2, No of teeth: 4, Depth of cut: 5,00 mm, Width of cut: 12,00 mm, Rel. speed adj.: 40 %, Rel. feed adj.: 100 %, Efficiency: 80 %. The 'Output' section displays a table of calculated parameters:

Feed/tooth (mm/tooth)	he (mm)	Cutt. speed (m/min)	Feed speed (mm/min)	RPM	Power (kW)	Torq. (Nm)
0,05	0,06	472	1 180	12 518	4,5	2,8
0,09	0,11	403	2 013	10 679	6,5	4,6
0,13	0,15	372	2 483	9 878	7,4	5,8
0,19	0,23	330	3 298	8 747	8,9	7,8

Below the table, the following parameters are listed: Cutter: R217.69-1612.0-10-06.2, Engagement angle: 180,0 deg, Kappa: 90,0 deg, Working diameter: 12,00 mm. Buttons for 'Print' and 'About...' are visible at the bottom right.

Рисунок 3.17 – Результат автоматичного розрахунку режимів різання за допомогою програмного забезпечення «SecoCut»

Як показано на рисунку 3.17, ефективна потужність різання $N=6,5$ кВт. Для визначення ефективної сили різання використовуємо наступну формулу:

$$P_z = \frac{N \cdot 60 \cdot 102}{v} \quad (3.1)$$

Пластина MP2500, глибина різання $t=5$ мм, швидкість головного руху різання $v=403$ м/хв (6,72 м/с).

$$P_z = \frac{6,5 \cdot 60 \cdot 102}{6,72} = 5920 \text{ Н}$$

Величину d круглого поперечного перерізу корпусу фрези визначаємо за формулою:

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

де P_z – головна складова сили різання, Н;

$\sigma_{и.д}$ – допустима напруга при згині матеріалу корпусу, МПа.

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

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 5920 \cdot 120}{300}} = 12,25 \text{ , мм}$$

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

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ					

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи характеристики поверхонь для розміщення верстатів під різальний інструмент та параметри монтажних поверхонь для різальних інструментів, необхідно визначити категорії допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів для кожного з вибраних різальних інструментів. Цю інформацію слід занести у таблицю 3.4.

Для різця допоміжний інструмент HSK-A63.

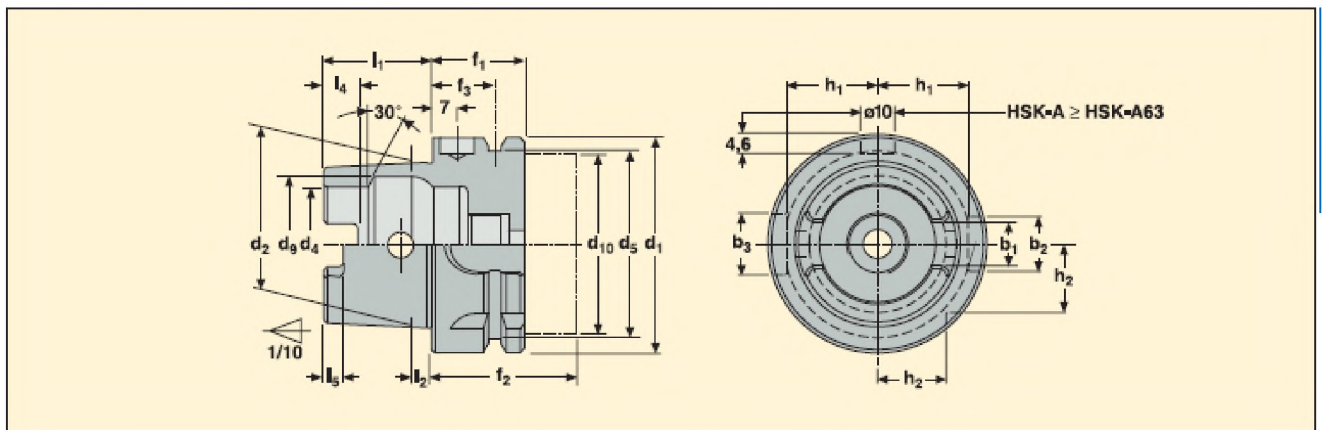


Рисунок 3.18 – Конус HSK-A63

HSK	Часть № префикс	Размеры в мм																	
		d ₁	d ₂	d ₄	d ₅	d ₉	f ₁	f ₂	f ₃	l ₁	l ₂	l ₄	l ₅	b ₁	b ₂	b ₃	h ₁	h ₂	
HSK-A63	E9304...	63	48	53	34	55	40	26	42	18	32	6,3	10	6	12,54	16	18	26,5	20

Рисунок 3.19 – Параметры конуса

Для свердл допоміжними інструментами будуть патрони.

Патрон с креплением Whistle Notch

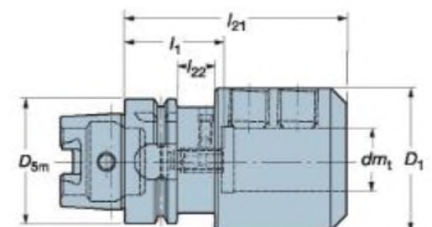
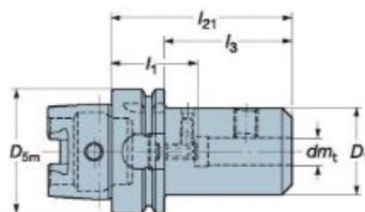
Для инструмента с хвостовиком по DIN 6535-HE

Короткое исполнение для крепления сверл из твердого сплава

С предварительной настройкой вылета

392.41021

HSK Форма A/C



© Сбалансировано конструктивно

Внимание! Стандартное исполнение без отверстия под носители информации.

l₁ = программируемая длина

Размер HSK	Код	Размеры, мм								
		D _{5m}	dm _t	D ₁	l ₁ min	l ₁ max	l ₃	l ₂₁	l ₂₂	$\frac{D}{d}$
63	392.41021-63 06 080B	63	6	25	42	52	54	80		1.0

Рисунок 3.20 – Параметры патрона для свердла

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

КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ

Арк.

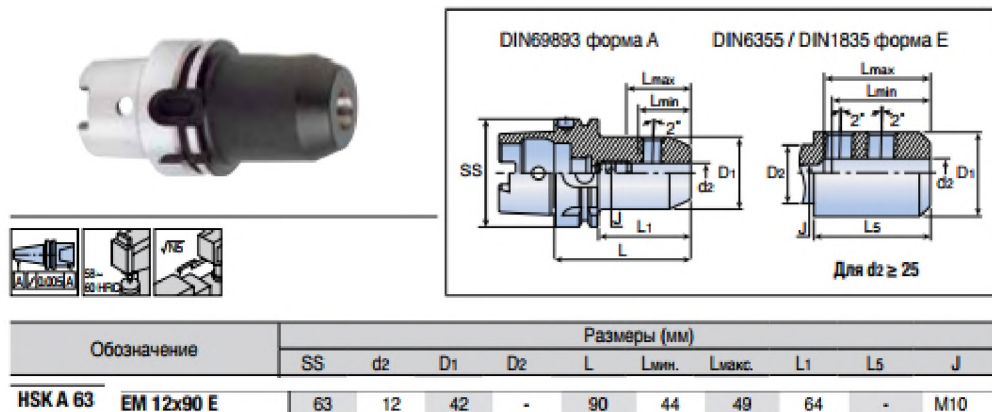


Рисунок 3.21 – Параметры патрону для сверла

Для шпонковой фрезы допоміжним інструментом буде термооправка.

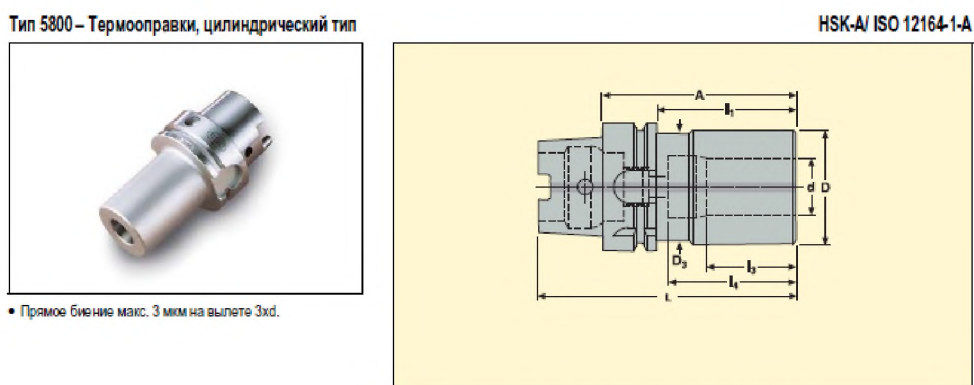


Рисунок 3.22 – Термооправка тип 5800

Конус	d мм	Обозначение	Размеры в мм							Балансир.	KG
			A	D	D ₃	L	l ₁	l ₃	l ₄		
HSK-A63	20	E9304 5800 2085	85	42	-	117	59	42	58	1	1,20

Рисунок 3.23 – Параметры термооправки тип 5800

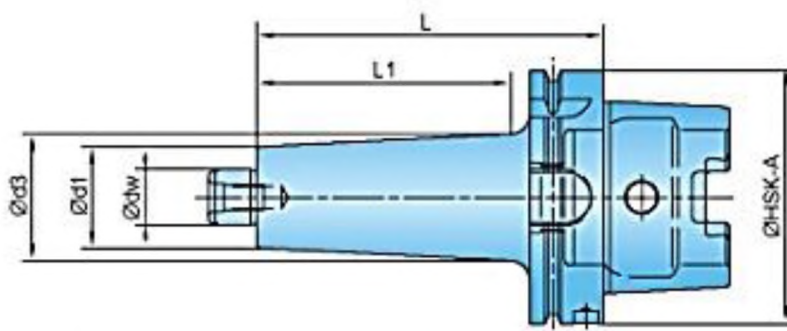


Рисунок 3.24 – Оправка для насадной фрезы

ОБОЗНАЧЕНИЕ	dw	d1	d3	L	L1	HSK-A	kg
HSKA63SM22SK134	22	40	50	134	100	63	3,00

Рисунок 3.25 – Параметры оправки

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ	Арк.

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Металоріз. верстат (тип, модель)	Параметри посад. місця верстата під інструмент	Тип ріжучого інструменту (шифр інструменту)	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент (шифр інструменту) за міжнарод. стандартами
1 – 34	Інтегрований центр ТФЦ 600-7	HSK A-63	Токарний різець Державка: С6-CFOR-45090-05-JET та С6-CFOL-45090-05-JET Пластини: LCMR1605M0-0500-MP LCMF160504-0500-FT	Ø63	HSK A-63
37	Інтегрований центр ТФЦ 600-7	HSK A-63	Свердло: SD1103-0600-020-06R1	Ø6	392.41021063 06 080B
35,3 6	Інтегрований центр ТФЦ 600-7	HSK A-63	Державка: R217.69 - 2020.0-10-3A R217.69 - 1012.0-06-2N Пластина: ХОЕХ 10Т304R-M06 ХОЕХ 060202R-M05	Ø24	E9304 5800 2085
38	Інтегрований центр ТФЦ 600-7	HSK A-63	Спец. інструмент		

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

Із попередніх пунктів розділу вибираємо шифр ріжучого інструменту за каталогом «Seco», та добираємо допоміжний інструмент. В даному випадку Конус HSK-A63. Дані заносимо до таблиці 3.5.

За даними посадочного місця вибираємо допоміжний інструмент для встановлення фрези. Дані заносимо до таблиці 3.5.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конус HSK-A63 стандарт, розміри ISO 12164-1 форма /DIN 69893, форма А сумісні.

Таблиця 3.5 – Структура інструментального комплексу чи системи

Найменування операції	№ пов.	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (шифр інструменту)
Фрезерна	35,36	Інтегрований центр ТФЦ 600-7	Кінцева фреза Державка R217.69 -2020.0-10-3А	HSK А-63

Інструментальне налагодження складається з ескізу операції та інструментального комплексу чи системи технологічної операції.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Необхідно розрахувати та сконструювати черв'ячну фрезу для обробки шевронних коліс. Вся необхідна інформація та розрахунок будемо проводити за ISO 2490:2007.

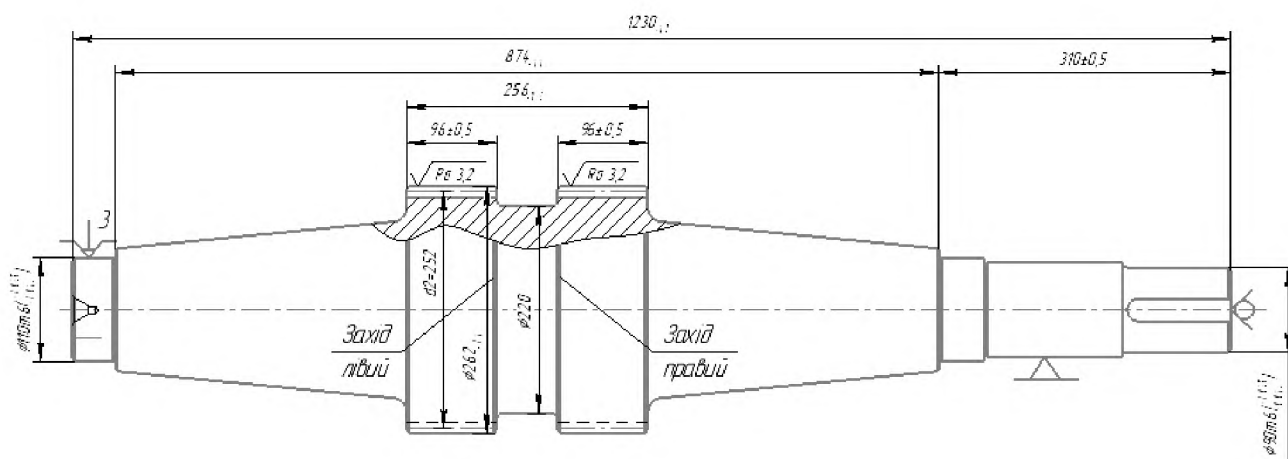


Рисунок 4.1 – Ескіз деталі

4.1.1 Вибір попередньо зовнішнього діаметра фрези d_{ao} за ISO 2490:2007. Зовнішній діаметр d_{ao} (рисунок 4.2) залежить від ряду умов, що визначають необхідну точність або продуктивність обробки зубчастих коліс. Зі збільшенням діаметра можливе підвищення точності обробки за рахунок зменшення органічних погрішностей профілювання, збільшення числа зубів по окружності, більш жорсткого кріплення фрези внаслідок великих розмірів посадкового отвору. Однак зі збільшенням діаметра фрези збільшується витрата інструментального матеріалу, що обертає момент, довжина і час врізання і, отже, тривалість обробки. Орієнтовно слід прагнути до того, щоб кут підйому витків γ_{mo} був менш 5° . Для прецизійних фрез, призначених для обробки зубчастих коліс 5 - 7 ступенів точності, зовнішній діаметр приймається на ступінь більше, ніж для нормальних фрез.

Зовнішній діаметр черв'ячної фрези можна вибрати по таблиці 4.1.

Обираємо перший тип фрези, та основні розміри для $m=5$.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Кизьменко</i>			<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

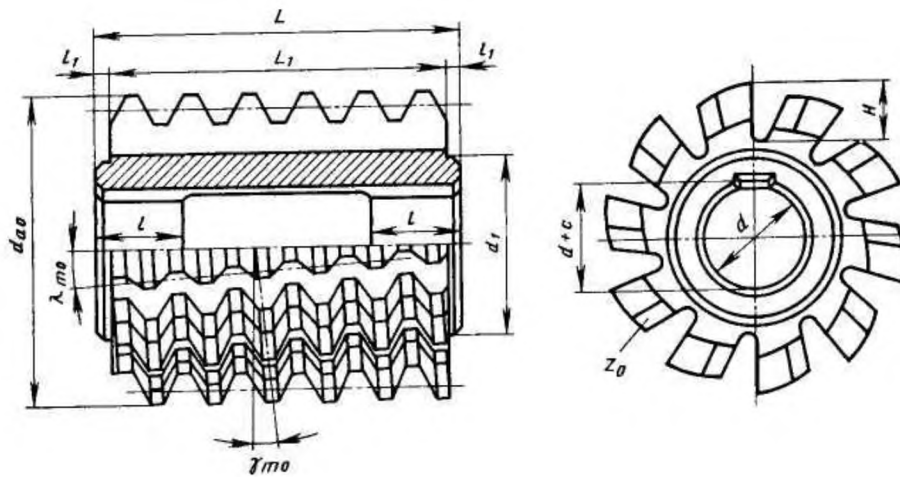


Рисунок 4.2 – Основні конструктивні розміри черв'ячної фрези

Таблиця 4.1 – Основні розміри черв'ячної фрези

m , мм	d_{ao} мм	d , мм	Z_o
	Тип		
	1	1	1
5,00	140	50	14

4.1.2 Розміри профілю різання в нормальному перетині

Профіль і розміри зуба фрези приймаються за розмірами інструментальної рейки, залежать від модифікації профілю і призначення фрези. За ISO 2490:2007 зуби виготовляються без модифікації. Основні розміри зубів розраховуються за формулами.

1. Крок зубів:

$$P_{no} = \pi m \quad (4.1)$$

$$P_{no} = \pi \times 5 = 15,7$$

2. Хід зубів фрези:

$$P_{nz} = P_{no} \cdot Z, \quad (4.2)$$

де Z – число заходів фрези.

$$P_{nz} = 15,7 \times 1 = 15,7$$

Однозахідні фрези отримали найбільш широке поширення, тому що вони дають більш високу точність обробки, простіше у виготовленні і експлуатації, ніж багатозахідні.

3. Товщина зуба в нормальному перетині по ділильній окружності (для чистових фрез):

$$S_{no} = P_{no} \cdot S_n, \quad (4.3)$$

де $S_n = \pi m / 2$ – товщина зуба колеса по ділильній окружності, мм;

$$S_{no} = 15,7 - \frac{15,7}{2} = 7,85;$$

4. Висота головки зуба фрези:

$$h_{ao} = h_{f1} = (f + c')m, \quad (4.4)$$

де h_{f1} – висота ніжки зуба колеса, мм;

					КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

f – коефіцієнт висоти;

$c' = 0,25$ або $0,3$ – коефіцієнт радіального зазору.

$$h_{ao} = h_{fl} = (1+0,25) \times 5 = 6,25 \text{ мм}$$

5. Висота ніжки зуба фрези:

$$h_{fo} = h_{al} = f m, \text{ мм} \quad (4.5)$$

$$h_{fo} = h_{al} = 1 \times 5 = 5 \text{ мм}$$

6. Висота зуба фрези:

$$h_o = h_{ao} + h_{fo}, \text{ мм} \quad (4.6)$$

$$h_o = 6,25 + 5 = 11,25 \text{ мм};$$

7. Радіус закруглення головки и ніжки зуба:

$$\rho_{ao} = 0,25 m, \quad (4.7)$$

$$\rho_{ao} = 0,25 \times 5 = 1,25 ;$$

$$\rho_{fo} = 0,3 m. ; \quad (4.8)$$

$$\rho_{fo} = 0,3 \times 5 = 1,5$$

У фрез з модулем $m > 4$ мм рекомендується біля основи зубів виконувати канавки для забезпечення можливості шліфування: ширина канавки $b_1 \approx 0,75$ мм; глибина канавки $h_1 = 1,5$ мм; радіус канавки $\rho_1 = 1$ мм.

8. Вибір геометричних параметрів фрези $\alpha_e, \gamma, \alpha_{\phi o}$

Задній кут при вершині зуба $\alpha_e = 12^\circ$. Передній кут γ для чистових фрез приймається $\gamma = 0$.

При нульовому γ полегшується розрахунок параметрів, контроль і технологія виготовлення фрез. Однак зі збільшенням переднього кута поліпшуються умови різання і підвищується стійкість фрези. При цьому точність обробки фрезами з $\gamma > 0$ може бути значно підвищена за рахунок вибору оптимального переднього кута. Тому при проектуванні черв'ячних фрез доцільно передній кут вибирати в залежності від оброблюваного матеріалу і призначення фрези.

Задній кут на бічних сторонах зубів в нормальному перетині $\alpha_{\phi o} = 3^\circ$.

9. Визначення діаметра посадкового отвору фрези (для прецизійних фрез):

$$d_o = 18,65 h_o^{0,404}, \quad (4.9)$$

де h_o – висота зуба фрези, мм.

$$d_o = 18,65 \times 11,25^{0,404} = 49,58 \text{ мм}$$

Отримане значення d_o округляється до найближчого більшого значення з нормального ряду 22, 27, 32, 40, 50, 60, 80, 100.

10. Визначення діаметра окружності впадин:

$$d_{en} = 1,75 d_o, \text{ мм} \quad (4.10)$$

де d_o – діаметр посадкового отвору, мм.

$$d_{en} = 1,75 \times 50 = 87,5 \text{ мм}$$

11. Число зубів фрези

Число зубів фрези приймається в залежності від модуля і типу фрези (таблиця 4.1). Від числа зубів фрези залежать розміри окружного кроку і стружкової канавки зубців. Зі збільшенням Z_0 при постійному зовнішньому діаметрі фрези зменшуються огранювання і хвилястість поверхні, підвищується

					КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

продуктивність обробки. При цьому зменшуються ширина і міцність зуба, скорочується число переточувань. Тому для прецизійних фрез число зубів вибирається великим, а для фрез загального призначення - меншим.

12. Визначення величини затилування зуба фрези:

$$K = \frac{\pi d_{ao}}{Z_o} \operatorname{tg} \alpha_v, \text{ мм}, \quad (4.11)$$

де d_{ao} – зовнішній діаметр фрези, мм;

Z_o – число зубів фрези, мм;

α_v – задній кут при вершині зуба.

$$K = \frac{\pi \times 140}{14} \operatorname{tg} 12 = 7 \text{ мм.}$$

Отримане значення до округляється до найближчої більшої величини, кратної 0,5 мм.

Для забезпечення необхідної точності профілю та підвищення стійкості фрези задні поверхні зубів шліфуються. Довжина шліфованої частини у фрез з модулем $m > 4$ мм не менше 1/3 довжини зуба по колу його вершини. Величина додаткового затилування K_1 у фрез зі шліфованим профілем дорівнює $K_1 = (1,2 \div 1,5) K$ з відповідним округленням до 0,5 мм. Приймаю $K_1 = 9,1$ мм.

13. Визначення глибини стружкової канавки

Розміри стружкової канавки повинні вибиратися з умов вільного виходу затилочного різця і шліфувального круга при виготовленні фрези, розміщення проникнення ріжучого інструменту.

Глибина канавки H_k для фрез зі шліфованим профілем:

$$H_k = h_o + (K + K_1) / 2 + r_o, \quad (4.12)$$

де $r_o = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$ мм – радіус закруглення дна стружкової канавки.

$$H_k = 11,25 + \frac{7+9,1}{2} + 2 = 22 \text{ мм};$$

Потім H_k округляється до цілого числа.

14. Уточнення зовнішнього діаметра фрези d_{ao} :

$$d_{ao} \geq d_{en} + 2H_k$$

$$140 \geq 50 + 2 \times 22 = 94;$$

15. Вибираємо кут стружкової канавки $\theta = 18^\circ$ в залежності від Z_o .

16. Визначення діаметра початкового циліндра в початковому перерізі:

$$d_{mo} = d_{ao} - 2h_{ao} - 0,3K, \text{ мм}; \quad (4.13)$$

де h_{ao} – висота головки зуба фрези, мм;

K – величина затилування, мм;

$$d_{mo} = 140 - 2 \times 6,25 - 0,3 \times 7 = 125,4 \text{ мм}$$

17. Визначення кута підйому витків фрези на початковому циліндрі в розрахунковому перерізі (вважається з точністю до 1'):

$$\sin \gamma_{mo} = P_{no} / (\pi \cdot d_{mo}), \quad (4.14)$$

де P_{no} – крок зубів фрези, мм;

d_{mo} – діаметр початкового циліндра фрези в вихідному перетині.

$$\sin \gamma_{mo} = 15,7 / (\pi \cdot 125,4) = 0,0469$$

$$\gamma_{mo} = 2^\circ 42'$$

					КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для коліс з правим напрямком зубів застосовуються правозахідні фрези, і навпаки.

18. Вибір кута нахилу стружкових канавок λ_{mo}

Зазвичай $\lambda_{mo} = \gamma_{mo}$. Гвинтові стружкові канавки у фрези виконуються з протилежним виткам напрямком. Фрези з кутом підйому витка $\gamma_{mo} \leq 6^\circ$ можуть бути виготовлені з прямими осьовими стружковими канавками.

19. Визначення кроку стружкових канавок

Крок стружкових канавок визначається с точністю до 1 мм:

$$P_z = \pi d_{mo} \operatorname{ctg} \lambda_{mo}, \text{ мм.} \quad (4.15)$$

$$P_z = \pi \cdot 106,5 \cdot \operatorname{ctg} 2^\circ 42' = 3,35, \text{ мм.}$$

20. Визначення ходу витків фрези:

$$P_{zo} = P_{nz} / \cos \gamma_{mo}, \text{ мм.} \quad (4.16)$$

$$P_{zo} = 3,35 / \cos 2^\circ 42' = 8,05 \text{ мм}$$

21. Визначення кроку витків фрези:

$$P_{xo} = P_{no} / \cos \gamma_{mo}, \text{ мм.} \quad (4.17)$$

$$P_{xo} = 8,05 / \cos 2^\circ 42' = 19,3 \text{ мм}$$

22. Визначення діаметра виточки в отворі:

$$d_{в\text{ит}} = 1,05 d_o, \text{ мм.} \quad (4.18)$$

$$d_{в\text{ит}} = 1,05 \times 50 = 52,5 \text{ мм}$$

23. Визначення діаметра буртиків фрези:

$$d_1 = d_{ao} - 2H_k - (1 \div 2), \text{ мм.} \quad (4.19)$$

$$d_1 = 140 - 2 \times 42 - 2 = 54 \text{ мм}$$

Буртики шліфуються по діаметру і служать для контролю биття фрези при виготовленні і точності її установки на оправці шпинделя верстата.

24. Визначення робочої довжини фрези:

$$L_p \approx h_1 \operatorname{ctg} \alpha + 2,5 P_{xo}, \text{ мм,} \quad (4.20)$$

де $h_1 = h_{al} + h_{fl}$ – висота зуба колеса, мм

P_{xo} – осьовий крок витків фрези, мм.

$$L_p \approx 11,25 \times \operatorname{ctg} 12 + 2,5 \times 19,3 = 70 \text{ мм}$$

Багатозахідні фрези рекомендується виконувати довжиною в 1,25 - 1,5 рази більшої довжини стандартних фрез, що забезпечує роботу цих фрез з перерозподілом.

При роботі з перерозподілом робочу довжину рекомендується збільшити в 1,2 - 1,8 рази, що підвищує загальний термін служби фрези. При нарізанні косозубих коліс з кутом нахилу більше 20° на черв'ячних фрез рекомендується робити забірний конус з кутом 7 - 10 про і довжиною 25 мм, що дозволяє більш рівномірно розподілити роботу між зубами. Для правозахідних фрез забірний конус робиться на лівій стороні, а для лівозахідних – на правій, якщо дивитися на передню поверхню.

25. Визначення загальної довжини фрези:

$$L = L_p + 2l_1, \text{ мм,} \quad (4.21)$$

де l_1 – довжина буртиків $l_1 = 4 \div 6$ мм.

$$L = 70 + 2 \times 5 = 80 \text{ мм.}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ				

Довжина пасків на посадковому діаметрі отвору $l = 0,3 \times 80 = 24$.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для більш докладного вивчення проєктованого різального інструменту ми виконаємо його аналіз за допомогою SolidWorks та додатку Simulation, використовуючи метод кінцевих елементів. Початкові дані (об'ємна модель інструменту) наведено на рисунку 4.3.

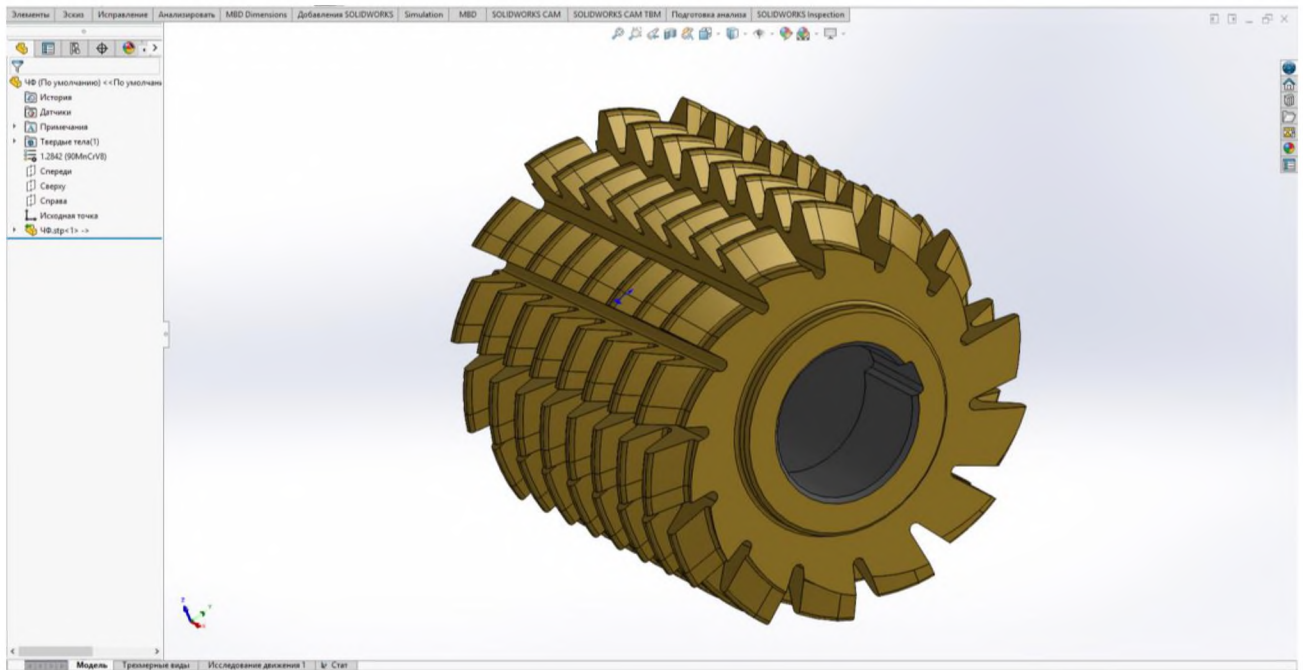


Рисунок 4.3 – Черв'ячна фреза – об'ємна модель для розрахунку

У програмному забезпеченні ми фіксуємо положення та спосіб руху нашого інструменту під час обробки, як показано на рисунку 4.4.

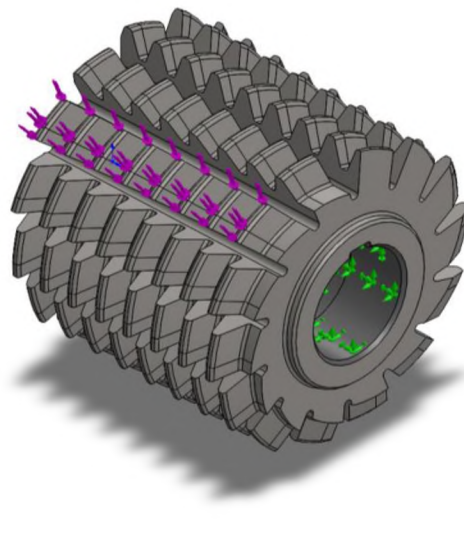


Рисунок 4.4 – Об'ємна модель для розрахунку з прикладеними силами та фіксацією положення

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після введення початкових даних ми створюємо сітку кінцевих елементів, як показано на рисунку 4.5.

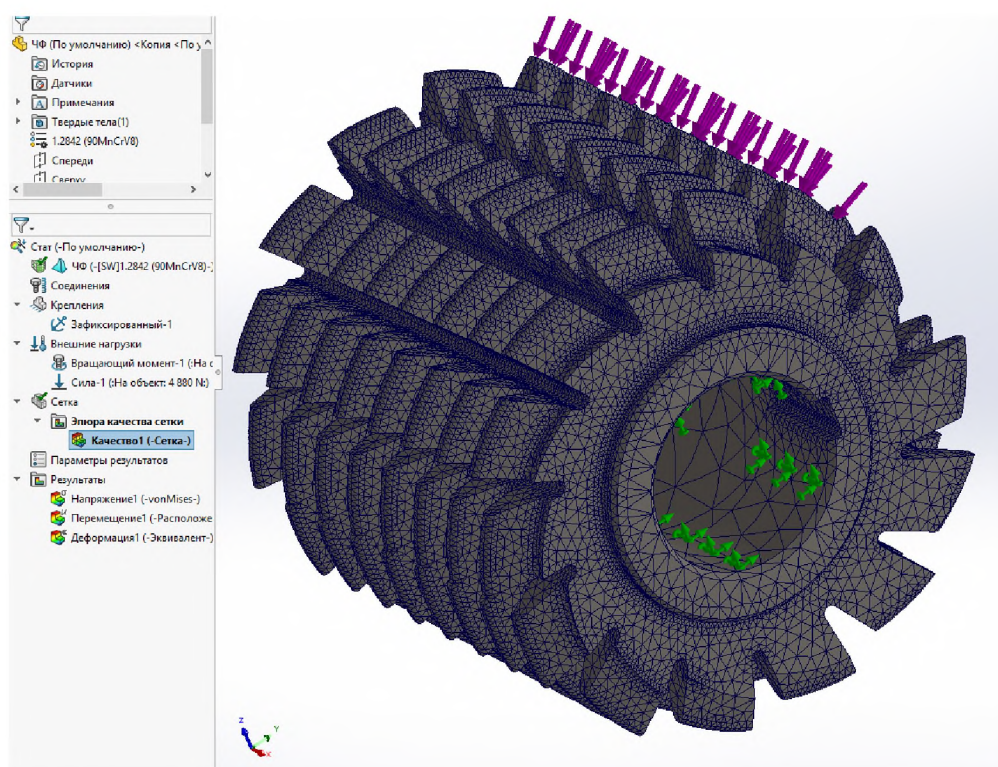


Рисунок 4.5 – Об'ємна модель для розрахунку – сітка кінцевих елементів

Потім ми запускаємо дослідження та отримуємо епюри, як показано на рисунках 4.6, 4.7, 4.8.

Имя модели: ЧФ
 Название исследования: Стат:(По умолчанию)
 Тип эпюры: Статический узловое напряжение: Напряжение1
 Шкала деформации: 29,961

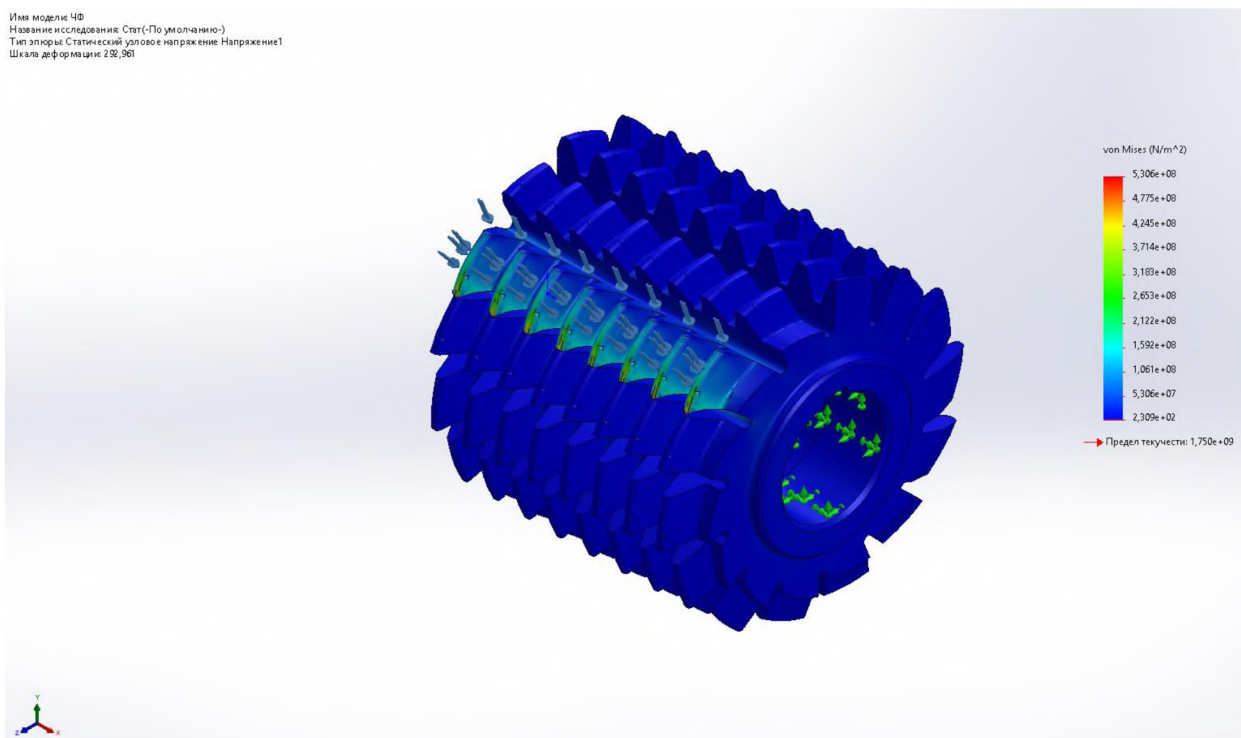


Рисунок 4.6 – Епюра «Напруження» у додатку Simulation

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ

Під час симуляції «Напруження» ми вивчаємо зони, де ріжуча частина інструменту витримує певний тиск та його вплив на геометрію фрези.

Имя модели: ЧФ
 Название исследования: Стат-(По умолчанию)
 Тип элоры: Статическое перемещение/Перемещение1
 Шкала деформации: 2,92_961

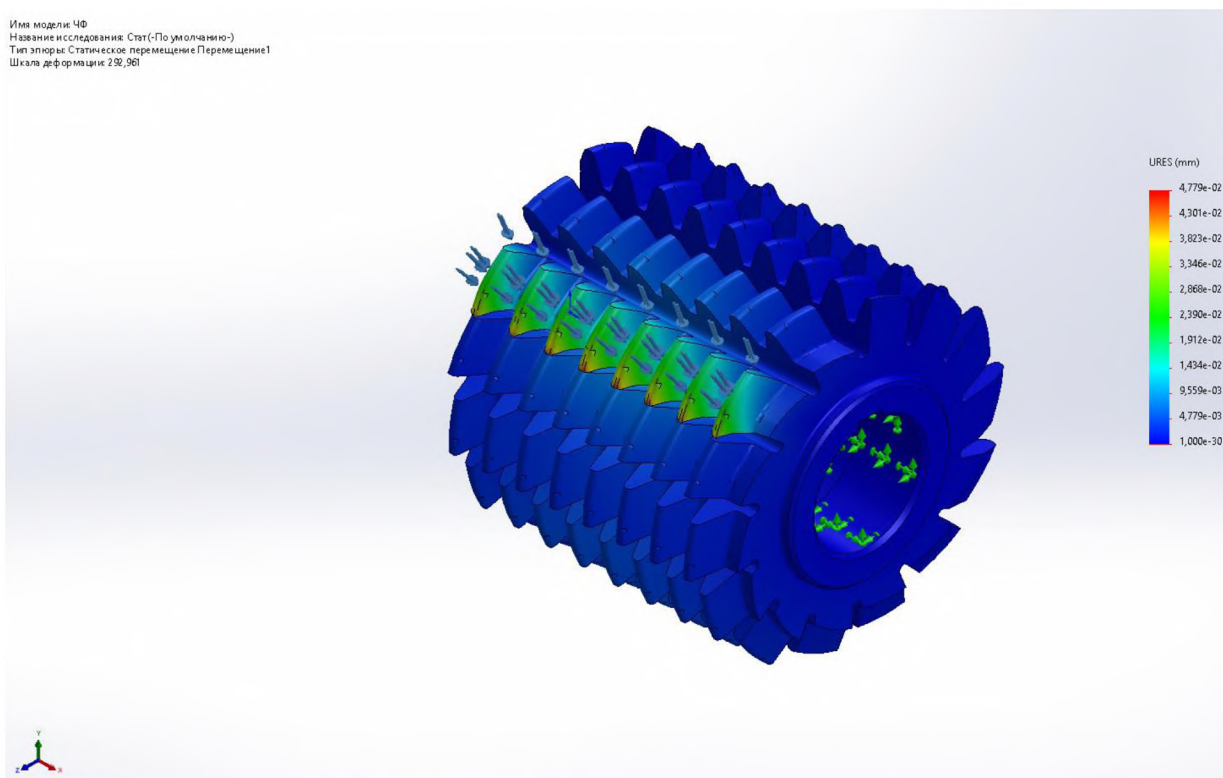


Рисунок 4.7 – Епюра «Переміщення» у додатку Simulation

У симуляції «Переміщення» ми спостерігаємо зміщення ріжучої кромки відносно початкового стану.

Имя модели: ЧФ
 Название исследования: Стат-(По умолчанию)
 Тип элоры: Статическая деформация/Деформация1
 Шкала деформации: 2,92_961

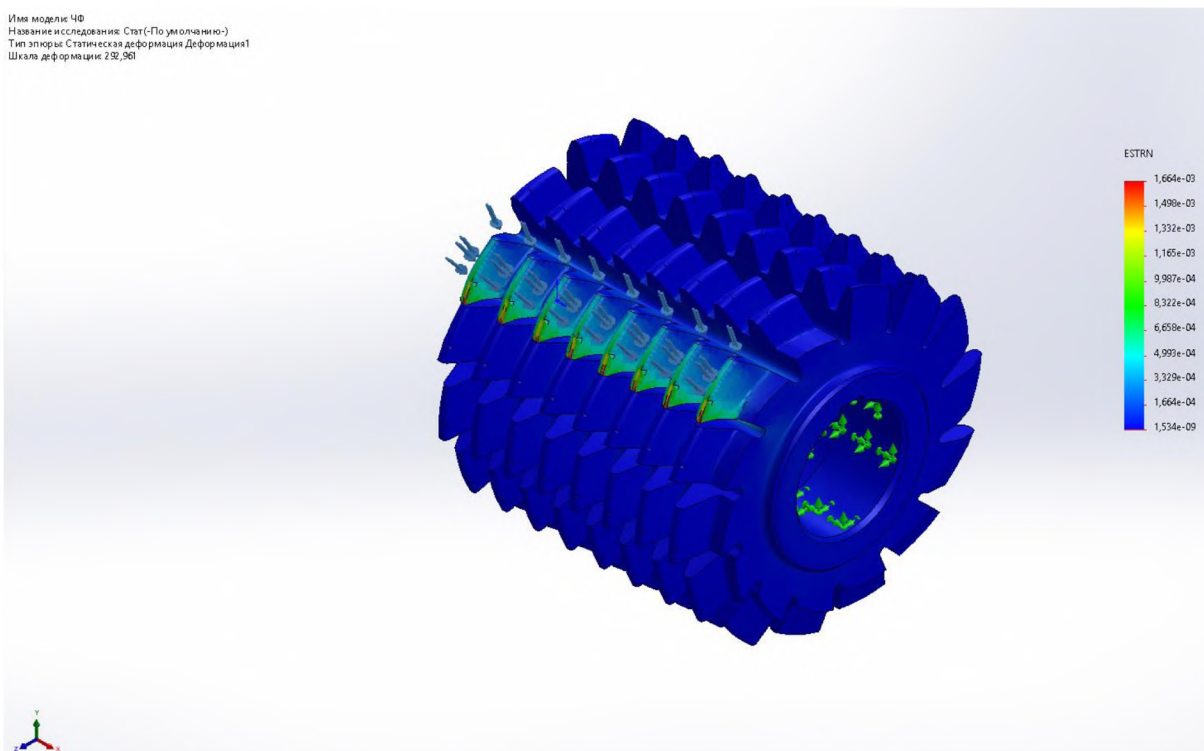


Рисунок 4.8 – Епюра «Деформація» у додатку Simulation

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Отже, на основі цієї симуляції ми можемо зробити висновок про вразливі місця черв'ячної фрези. У даному випадку найбільш вразливим місцем є кромка. Для уникнення таких вразливих місць необхідно проводити додаткові дослідження збіжності сітки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.04.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

Створюємо програмне забезпечення для керування операціями на ЧПК для токарного обладнання, яке використовується у вбудованому центрі ТФЦ 600-7 (рис. 2.3). Технічні характеристики цієї версії верстата детально описані у другому розділі пояснювальної записки. Моделювання процесу обробки та розроблення керуючої програми здійснюється за допомогою програмного середовища FeatureCAM.

Sinumerik 840D – це високопродуктивна система числового програмного керування (ЧПК), розроблена компанією Siemens для управління верстатами з числовим керуванням, такими як верстати з різними видами обробки металу: токарні, фрезерні, шліфувальні і т. д. Ось деякі технічні характеристики та особливості системи Sinumerik 840D:

1. Можливості контролю руху: Sinumerik 840D забезпечує точний контроль руху верстату в тривимірному просторі, що дозволяє досягати високої якості обробки.

2. Підтримка різних типів верстатів: Ця система може використовуватися для управління різними типами верстатів, включаючи токарні, фрезерні, шліфувальні, електроерозійні верстати тощо.

3. Можливості програмування: Sinumerik 840D підтримує різні методи програмування, включаючи програмування за допомогою ISO-кодів, підтримку CAD/CAM систем, а також можливість програмування за допомогою спеціалізованих мов програмування, таких як SINUMERIK MD.

4. Висока продуктивність: Система забезпечує високу продуктивність завдяки швидкому обробленню команд і точному контролю руху верстату.

5. Можливості інтеграції: Sinumerik 840D може бути легко інтегрована з іншими системами виробництва, такими як системи автоматизації, системи моніторингу виробництва тощо.

6. Сучасні інтерфейси: Ця система підтримує сучасні інтерфейси зв'язку, такі як Ethernet, що дозволяє легко підключати її до мережі виробництва та здійснювати взаємодію з іншими системами.

7. Можливості моніторингу та діагностики: Sinumerik 840D забезпечує різні можливості моніторингу та діагностики, що дозволяють операторам швидко виявляти і усувати будь-які несправності.

Ці особливості роблять Sinumerik 840D потужним і універсальним рішенням для числового програмного керування верстатами, що дозволяє підвищувати продуктивність та якість виробництва.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.05.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Кизьменко</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Здійснимо моделювання процесу обробки в програмі Feature CAM, щоб створити програму керування для обробки деталі «Вал зубчастий». Для цього ми використовуватимемо початкові дані про технічні характеристики верстата і інформацію про використовуваний металорізальний інструмент, яку ми вже визначили у третьому розділі пояснювальної записки кваліфікаційної роботи. На малюнках 5.1-5.7 будуть зображені етапи симуляції обробки та отримані результати моделювання.

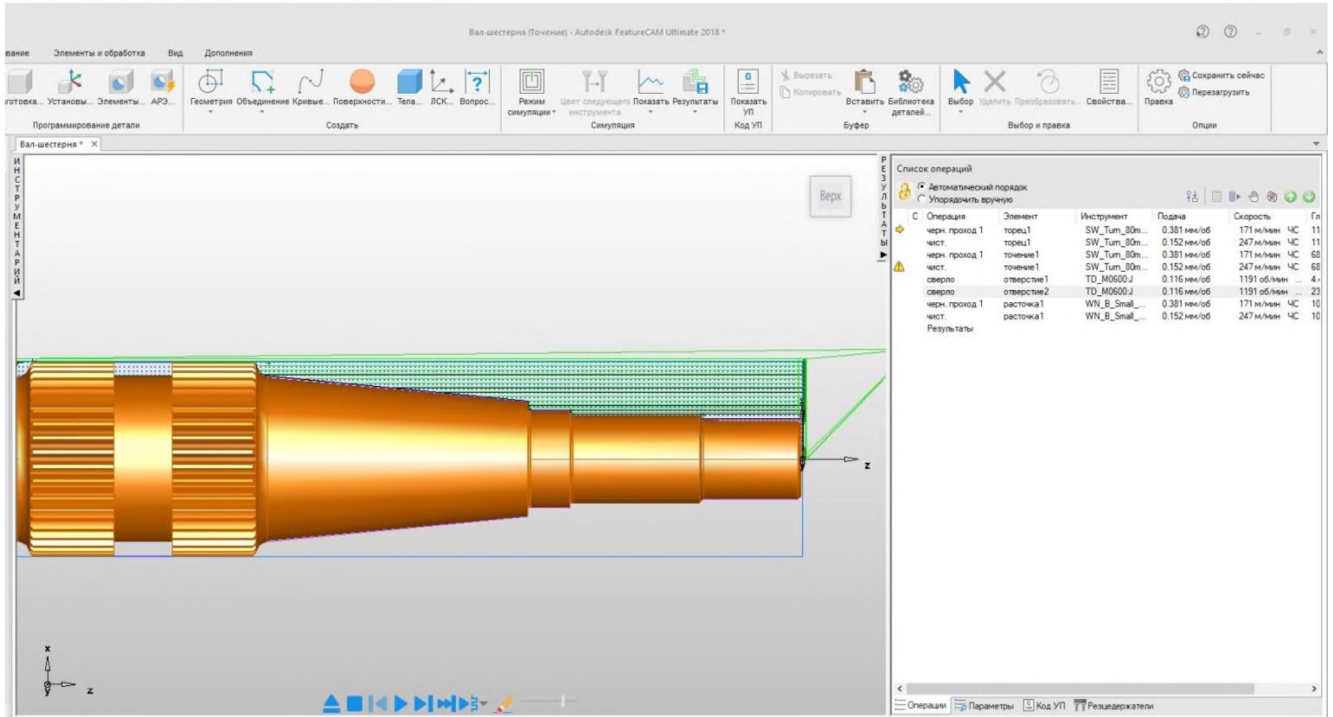


Рисунок 5.1 – Операції обробки деталі «Вал зубчастий» у FeatureCAM

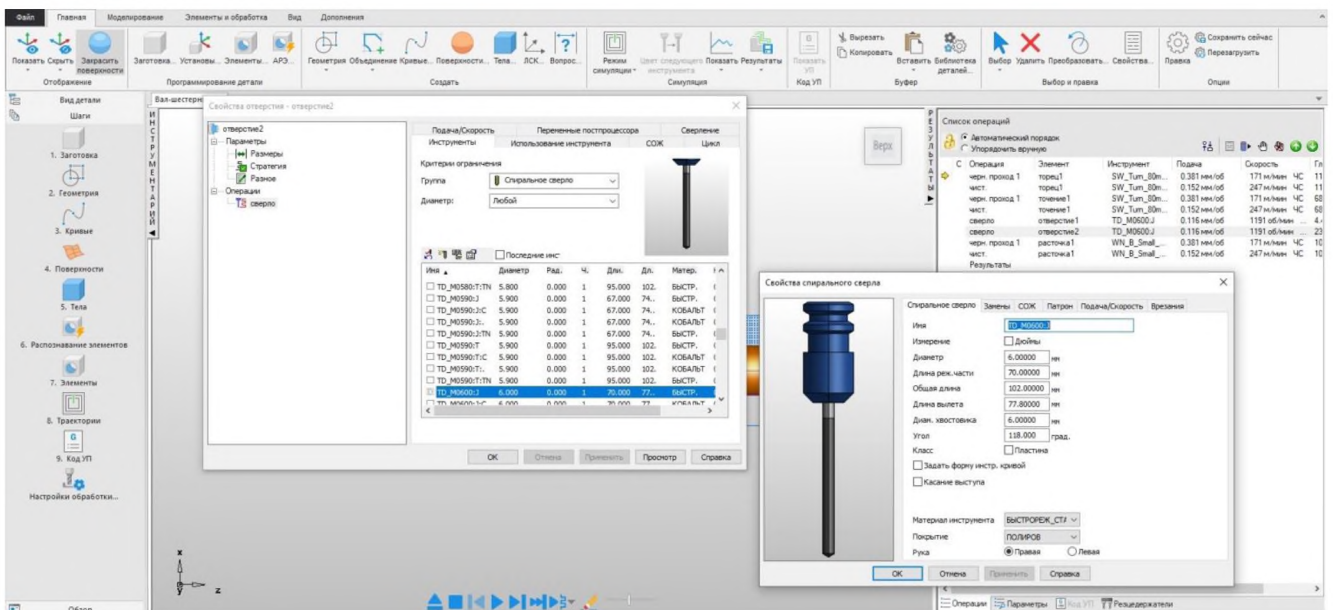


Рисунок 5.2 – Вибір різального інструменту (свердло) для обробки деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-10.05.МПОМО

Арк.

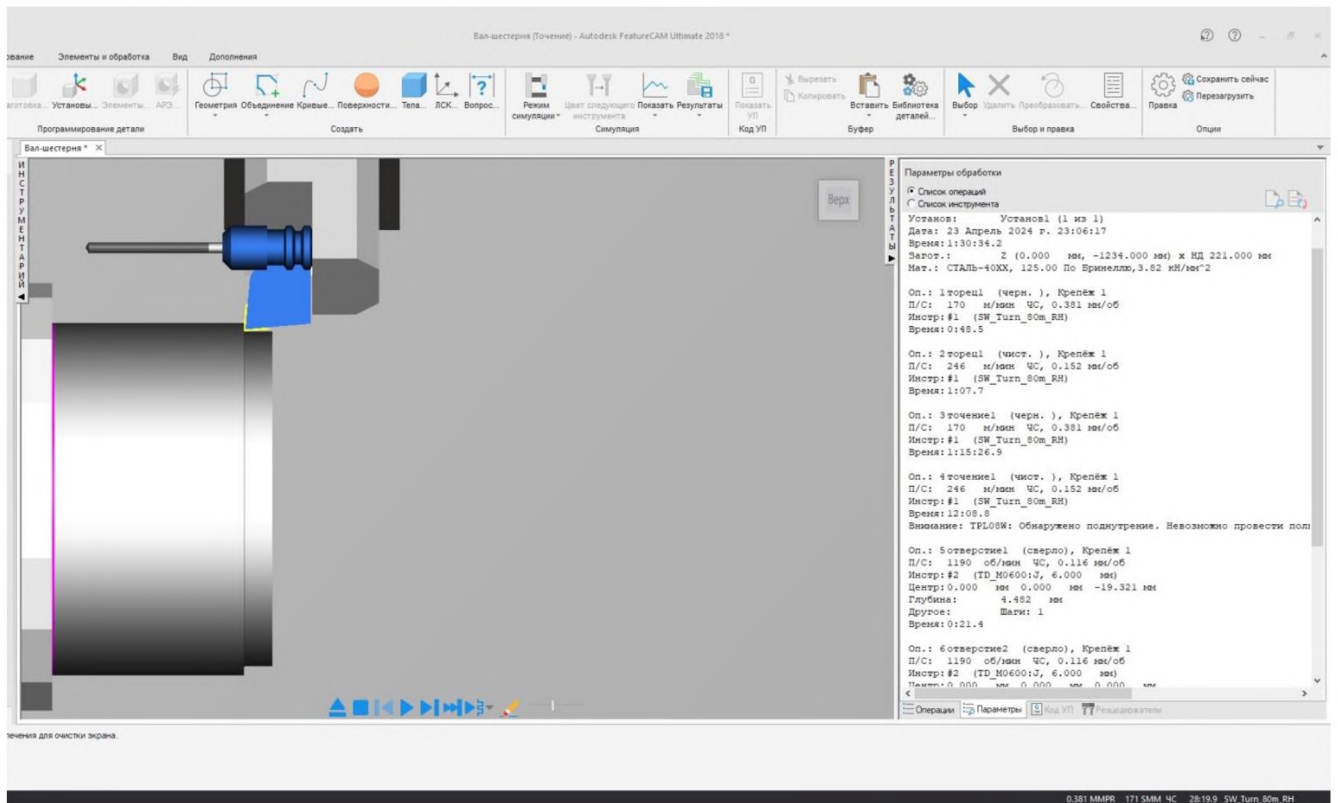


Рисунок 5.3 – Моделивання процесу обробки деталі «Вал зубчастий» на верстаті у середовищі Feature CAM – точіння циліндричної поверхні

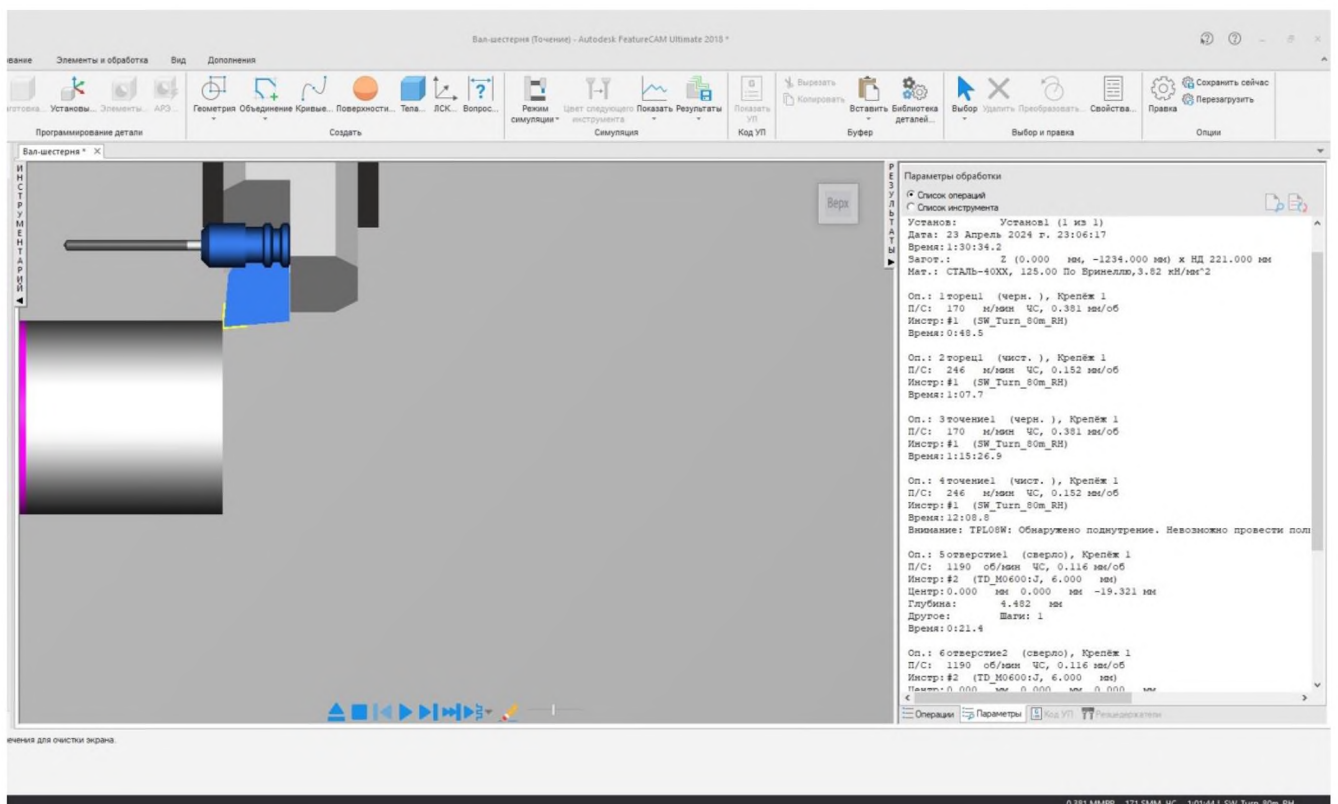


Рисунок 5.4 – Моделивання процесу обробки деталі «Вал зубчастий» на верстаті у середовищі Feature CAM – підрізання торцю

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

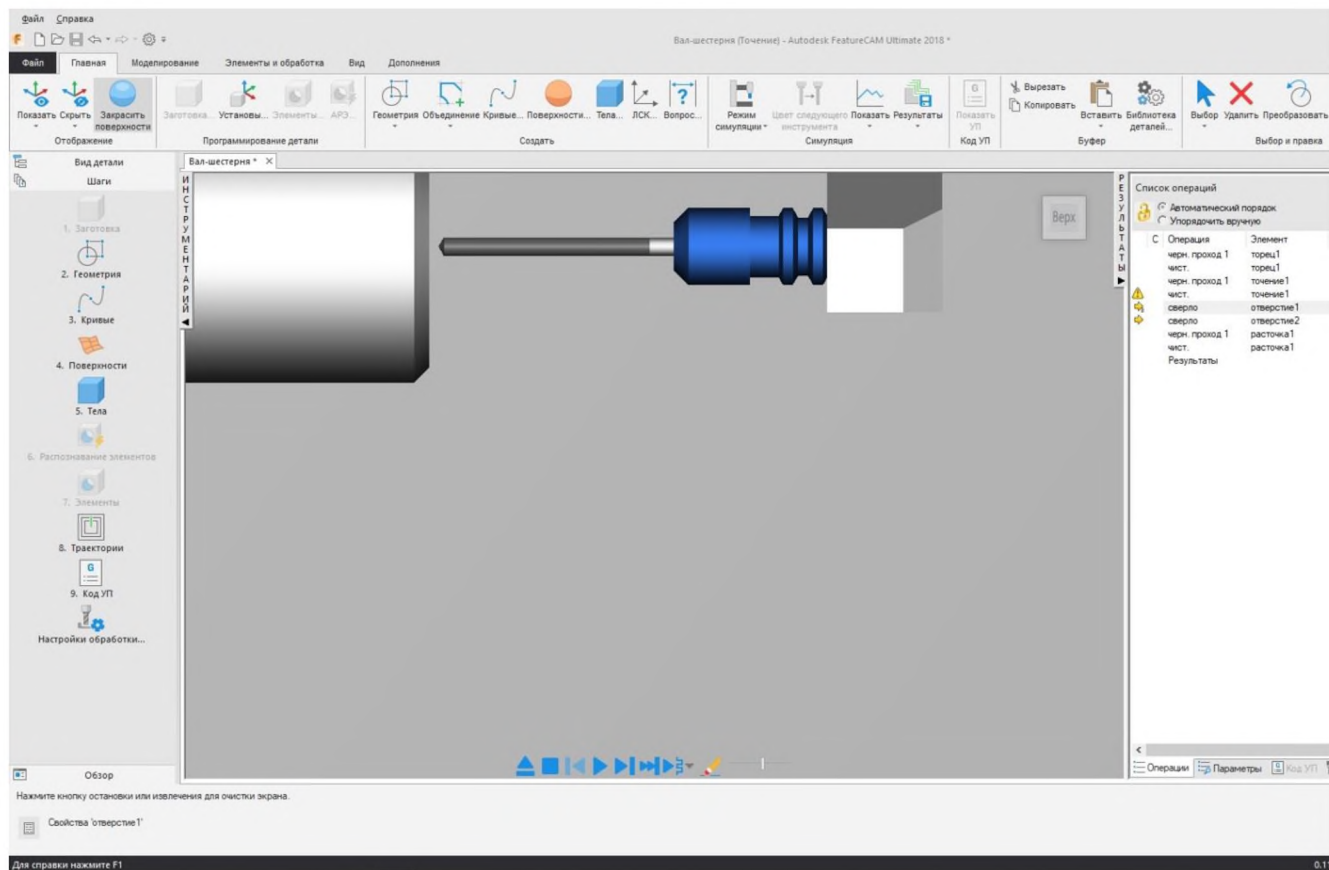


Рисунок 5.5 – Моделювання процесу обробки деталі «Вал зубчастий» на верстаті у середовищі Feature CAM – свердління

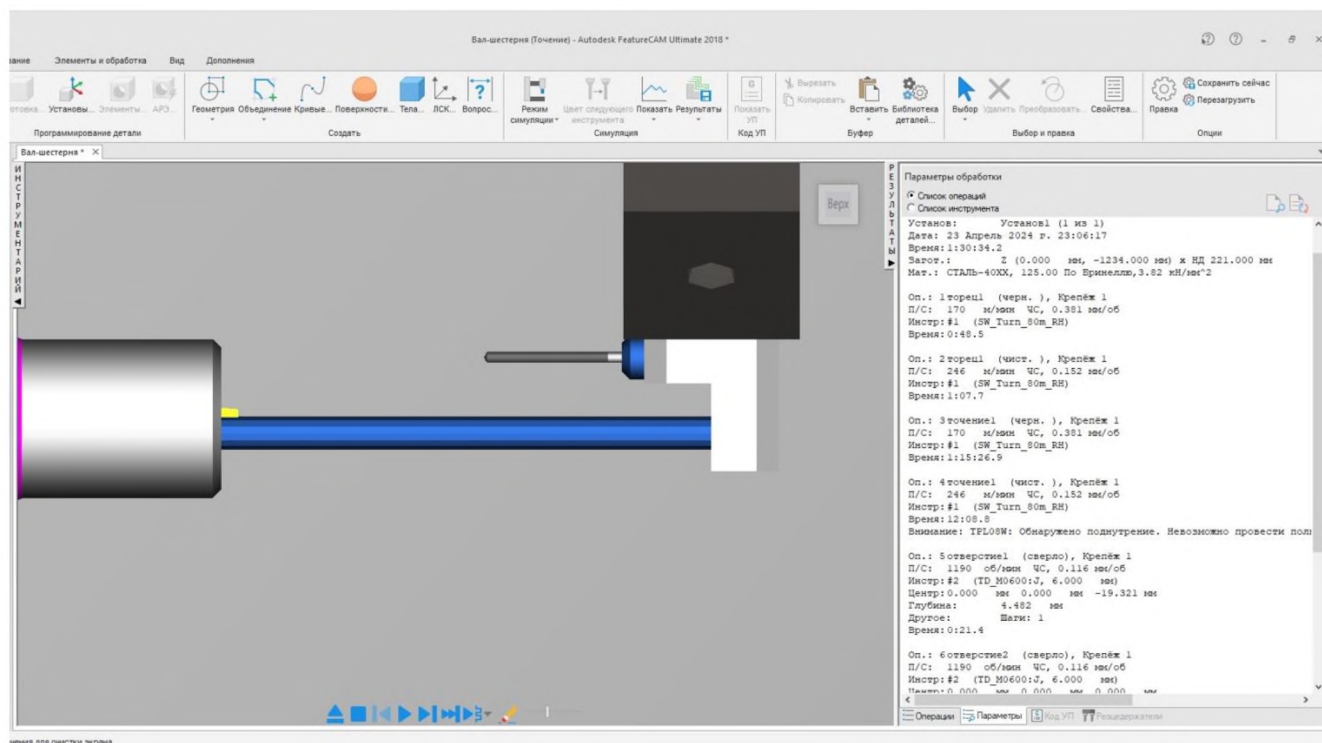


Рисунок 5.6 – Моделювання процесу обробки деталі «Вал зубчастий» на верстаті у середовищі Feature CAM – розточування

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-10.05.МПОМО

Арк.

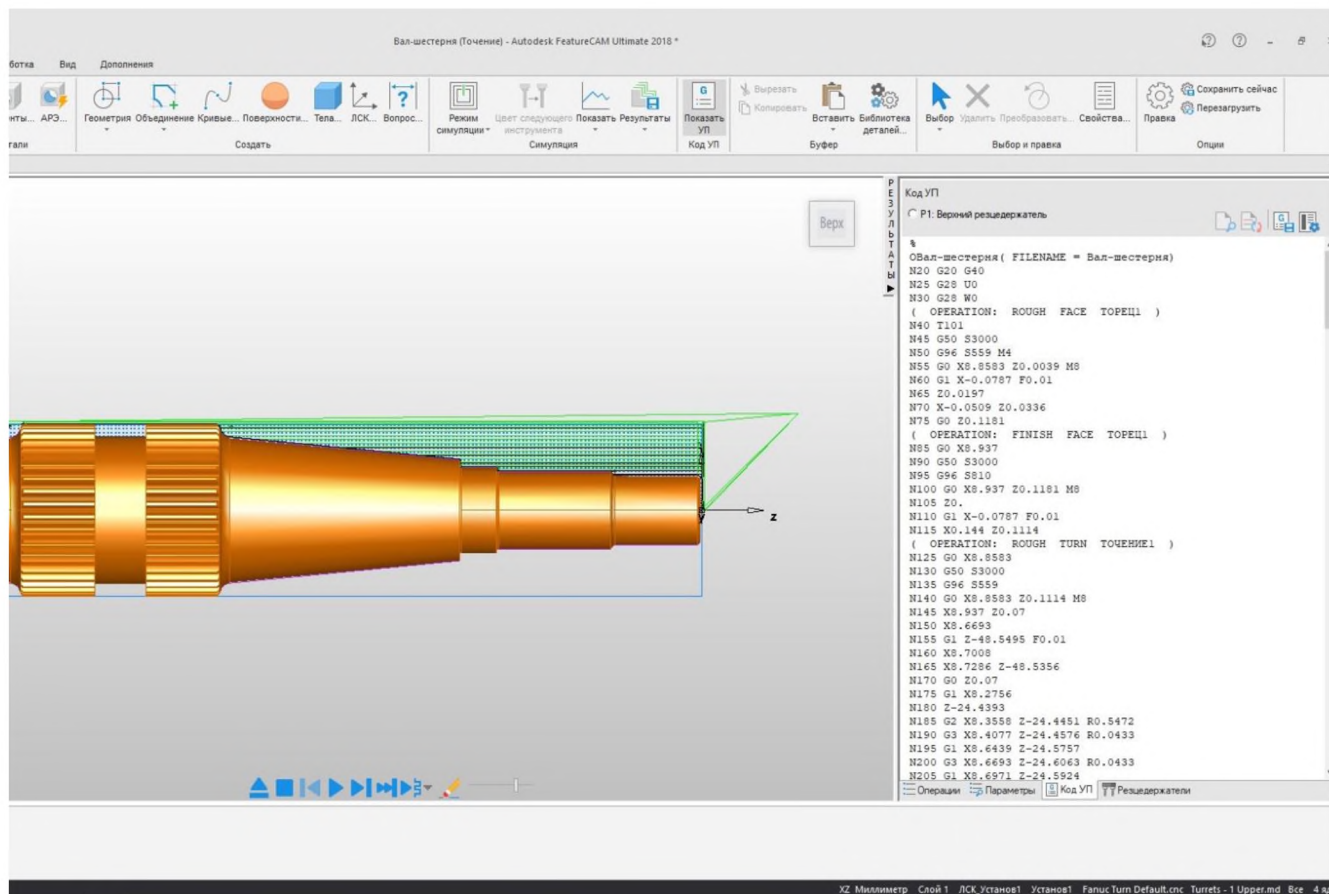


Рисунок 5.7 – Траектория обработки вала зубчатого та отримана керуюча програма (фрагмент)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.05.МПМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо економічний аналіз за допомогою програми «Economical Linksmoon». Перевіримо вартість виробництва для двох різних методів обробки деталі «Вал зубчастий». Оцінимо доцільність економічного вдосконалення технологічного процесу, зокрема, заміни застарілих верстатів 16К30Ф3 та 6Р13, які використовуються для токарних і фрезерних операцій, на один інтегрований центр ТФЦ 600-7. Результати аналізу та оцінка строку окупності вибраного варіанту представлені 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...

Трудоёмкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт	500	500
Штучное время обработки детали, мин	62	54

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

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

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

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

Балансовая стоимость станка	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Оптовая цена станка	279000	866000

Масса станка, т	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
	4.75	9.8

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.1 – Підготовка вихідних даних для обчислень 1

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.06ПВ</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Кизьменко</i>			організаційно- економічна підготовка виробництва		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

Входные данные		
Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	6.4	7.5
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	3	4
Площадь устройства ЧПУ, м	1.8	2
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	4
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
Стоимость разработки ПУ		
Стоимость разработки ПУ, грн.	800	1500
Оборотные средства в незавершённом производстве		
Стоимость заготовки Szag, грн.	2863	2863
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	13000	14000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	15500	15500
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	11000	11000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	12000	12000
Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	3
Затраты на ремонт и ТО оборудования		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	21
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	15	42

Рисунок 6.2 – Подготовка выходных данных для обчислень 2

Входные данные		
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	130.1	140.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	27.4	47.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	595	595
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	3680	6860

Рисунок 6.3 – Подготовка выходных данных для обчислень 2

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 6.4 – Результаты розрахунків окупності проекту

Отже, заміна двох застарілих верстатів на один інтегрований центр з ЧПК призведе до скорочення часу обробки деталі. Ці заходи з покращення технологічного процесу є економічно вигідними, оскільки строк окупності складе 2,23 роки з економічним ефектом 1483562,5 грн.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва. Загроза забруднення повітря та відходів у водойму виробничою діяльністю

6.2.1 Термічна та хіміко-термічна обробка

Метою термічної обробки є зміна властивостей сплаву шляхом зміни його структури внаслідок теплової дії. Сталь з низькою твердістю і міцністю після термічної обробки може отримати високі характеристики міцності, і навпаки, тверда сталь, що важко піддається обробці, може стати м'якою і пластичною і мати хорошу оброблюваність.

Основними видами термічної обробки є загартування, відпустка та відпал. Після виливки, прокатки, кування та інших видів обробки заготовок вони охолоджуються нерівномірно, результатом чого є неоднорідність структури та властивостей у різних частинах заготівлі, а також поява внутрішніх напруг.

Відпалом називають операцію нагрівання, витримки при заданій температурі та охолодження заготовок. Ця операція призводить до зняття внутрішньої напруги, при цьому заготовки переходять з нерівноважного стану в рівноважний. Температура процесу залежить від виду відпалу і коливається не більше 200-400 1100-1200°C. Але при цьому не можна допускати перепалу, тому що при цьому кисень повітря окислює залізо, проникає в його товщу, в результаті утворюються кристаліти, роз'єднані оксидними оболонками. Перепалені заготовки є невірним шлюбом.

Метою гарту сталі є підвищення твердості та міцності заготовок. Загартування операція, при якій виріб витримується в печі при заданій

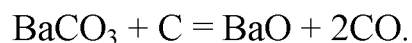
					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.06ПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температурі для повного прогріву по перерізу і завершення структурних перетворень, охолодження виконують у різних гартових середовищах (вода, 5% водний розчин KMnO_4 , 10% розчин NaOH), машинне масло.

Відпустка пом'якшує дію загартування, знижує або зменшує залишкову напругу, зменшує твердість і крихкість сталі, підвищує в'язкість. Проводиться після гарту шляхом витримування сталі при температурі 200 - 300 оС.

Крім термічної обробки для отримання поверхневого шару сталевих виробів, що має підвищену твердість, зносостійкість, жароміцність або корозійну стійкість, проводять хіміко - термічну обробку. Для цього нагріті заготовки піддають впливу середовища, з якого шляхом дифузії в поверхневий шар заготовок переходять необхідні для отримання заданих властивостей елементи: вуглець, азот, алюміній, хром, кремній та ін. .

Цементациєю називають процес поглинання вуглецю поверхневим шаром заготовки, який після загартування стає твердим, а в середині заготівля залишається в'язкою. Цементациї піддають вироби, що працюють на стирання та удар. При цементациї твердими речовинами (карбюризаторами) застосовують деревне вугілля (С) та карбонати (BaCO_3 , Na_2CO_3 , K_2CO_3 , CaCO_3). Заготовки поміщають у сталеві ящики, засипають карбюризатором, закривають ящики (промазують їх глиною) і витримують у печі 5 - 10 годин при температурі 930-950°С:



Оксид вуглецю, що утворюється, дисоціює на поверхні сталевих заготовок з виділенням активного атомарного вуглецю, який адсорбується і дифундує в поверхневий шар заготовки.

При газовій цементациї застосовують гази та газові суміші, цементацию проводять у герметично закритих печах при 900-950°С.

Азотування надає поверхневому шару деталей високої твердості, зносостійкості та корозійної стійкості.

Азотування проводять у печах при 500-600°С. Активний азот, що виділяється при дисоціації аміаку, дифундує поверхневий шар і утворює дуже тверді хімічні сполуки нітриди заліза і легуючих елементів (FeN , AlN , MoN). Азотування на глибину 0,2-0,5 мм продовжується 25-60 год, і в цьому його основний недолік. Температура процесу щодо низька проти цементациєю, а твердість поверхні вище.

Ціанування - насичення поверхні одночасно вуглецем та азотом. Розрізняють рідинне та газове ціанування. Рідинне ціанування проводиться у ваннах з розплавами ціаністих солей натрію, калію, кальцію при температурі, достатньої для розкладання їх з виділенням активних вуглецю та азоту:

- 550-600°С низькотемпературне ціанування, розплави чистих ціанідів;
- 800-850°С високотемпературне ціанування, 20-40 % розплави ціанідів з нейтральними солями (хлорид натрію, карбонат натрію) для підвищення температури плавлення.

Газове ціанування відрізняється від газової цементациї тим, що газу цементациї додається аміак, що дає активні атоми азоту.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.0ЕПВ</i>					

Вентиляційний викид із термічних цехів зазвичай забруднений парами та продуктами горіння олії, аміаком, ціаністим воднем та іншими речовинами, що надходять до системи місцевої вентиляції від ванн та агрегатів для термічної обробки. Джерелами забруднення в термічних цехах є також нагрівальні печі, що працюють на рідкому та газоподібному паливі, а також дробоструминні та дробометні камери, де метал очищається після термічної обробки. Концентрація пилу в повітрі, яке видаляється з цих камер, досягає 2-7 г/м³. При загартуванні і відпуску деталей в масляних ваннах у повітрі, що відводиться від ванн, міститься до 1% парів масла від маси металу. При ціануванні виділяється до 6 г/год ціаністого водню однією агрегат ціанування.

Для приготування технологічних розчинів, що використовуються при загартуванні, відпуску та відпалу деталей, а також для промивання деталей та ванн після скидання відпрацьованих розчинів та для обробки приміщення використовують воду. Основні домішки стічних вод пил мінерального походження, металева окалина, важкі метали, ціаніди, олії та луги.

6.2.2 Захист металів від корозії

На практиці застосовуються такі способи захисту металевих виробів від корозії: нанесення металевих та неметалічних покриттів; застосування інгібіторів корозії; використання електрохімічного захисту.

Металеві покриття наносять такими способами:

- гарячий спосіб занурення у розплавлений метал;
- металізація нанесення розплавленого металу в газовому полум'ї або в електричній дузі стисненим повітрям чи газом;
- плакування отримання біметалічної стрічки, листів, дроту (основний метал спільно із захисним піддається прокатці, при якій у результаті дифузної взаємодії створюється міцне покриття);
- гальванічний метод.

Гальванотехнічні методи застосовують головним чином отримання захисних, декоративних чи які мають певними властивостями покриттів із хрому, нікелю, міді, цинку, олова, кадмію, і навіть срібла, золота та інших шляхетних чи рідкісних металів. Гальванічні покриття одержують при осадженні на виробі (катоді) позитивно заряджених іонів металів з електролітів при пропусканні їх постійного струму. Як аноди застосовують метали покриття (хром, нікель, мідь, цинк, олово, срібло, золото), які в ході процесу розчиняються в електроліті і поповнюють його катіонами, що розряджаються на катоді.

До неметалевих відносяться покриття лаками, фарбами, емалями, а також гумою та ебонітом. Лакофарбові покриття мають найширше застосування для захисту металоконструкцій. Технологічний процес нанесення покриття полягає в підготовці поверхні, приготуванні лакофарбових матеріалів, нанесенні покриттів та сушінні. Лак плівкоутворювальні речовини, розчинені в органічних розчинниках. При додаванні до лаків пігментів (охра, сурик залізний, білила цинкові та свинцеві, окис хрому) одержують емалеві фарби.

Для зниження корозії металевих виробів безпосередньо до агресивного середовища вносять інгібітори корозії.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрохімічний захист полягає у штучному створенні поверхні виробів захисних неметалевих плівок. Найчастіше наносяться оксидні плівки за рахунок окиснення поверхневого шару металу. Цей процес називається оксидуванням. Наведення оксидних плівок на залозі та сталі називається вороненням у зв'язку з синьо-чорним кольором покриття. Для вороніння сталі найбільш поширений спосіб занурення заготовок розчини азотно-кислих солей при 140°C. Крім оксидних плівок на сталевих виробках наводять плівки фосфорно-кислих солей заліза та марганцю (фосфатування).

У повітрі, що видаляється з гальванічних цехів, шкідливі речовини перебувають у вигляді пилу, тонкодисперсного туману, парів та газів. Так, при фосфатуванні виробів виділяється фтористий водень, концентрація якого в повітрі, що відводиться, досягає 1,2-15 г/м³. Концентрації HCl, H₂SO₄, HCN, Cr₂O₃, NO₂, NaOH та ін. у віддаленому від гальванічних ванн повітрі коливаються у значних межах, що вимагає спеціального очищення повітря перед викидом в атмосферу (локальне очищення). При проведенні підготовчих операцій у гальванічних цехах (механічне очищення та знежирення поверхонь) виділяються пил, пари бензину, гасу, трихлоретилену, тумани лугів.

Аналіз дисперсного стану показав, що розмір часток знаходиться в межах 5-6 мкм при травленні, 8-10 мкм при хромуванні та 5-8 мкм при ціаністому цинкуванні.

Токсичні речовини в цехах забарвлення виділяються в процесі знежирення поверхонь органічними розчинниками перед забарвленням, при підготовці лакофарбових матеріалів, при їх нанесенні на поверхню виробів і сушінню покриття. Повітря, що видаляється вентиляційними відсмоктувачами від фарбувальних камер, сушильних установок та інших пристроїв, завжди забруднене парами розчинників (до 10 г/м³), а при фарбуванні розпиленням ще й фарбувальним аерозолем (до 1 г/м³). При фарбуванні виробів порошковими полімерними матеріалами у вентиляційному повітрі міститься пил. Концентрація шкідливих речовин у вентиляційних викидах, що видаляються з місць фарбування, залежить від складу та витрати лакофарбових матеріалів, способу їх нанесення на поверхню, що фарбується, пристрої вентиляції, фарбувального обладнання, методу фарбування.

Для вибору технології очищення стічних вод гальванотехнічні операції найчастіше класифікують, виходячи з хімічного складу електролітів, що є джерелом утворення стоків. Гальванічні операції ділять на три групи, що відповідають трьом видам стічних вод.

- операції, при яких утворюються розчини або промивні води, що містять ціаністі сполуки; до них відносяться основні процеси електрохімічного виділення металів з їх ціаністих солей (цинкування, кадмування, міднення, сріблення), а також операції промивання після цих процесів;

- операції, у яких розчини чи промивні води містять хромисті сполуки; до них відносяться процеси хромування, хромистої пасивації та операції промивання після цих процесів;

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- операції, при яких розчини та промивні води (що мають переважно кислу реакцію) не містять ціаністих або хромистих сполук, до них відносяться деякі допоміжні роботи знежирення та травлення.

Хімічний склад та концентрація забруднюючих речовин у стічних водах варіюються у широкому діапазоні залежно від характеру виробництва. Близько 40% стоків складають стічні води, що містять хром. За концентрацією стічні води гальванічних цехів, аналогічно до стоків травильних відділень, поділяються на концентровані (електроліти) і розведені (промивні води). Кількість перших значно менша, ніж других, проте масова концентрація забруднюючих речовин (200-250 г/л) у сотні разів вище, ніж у промивних водах (100-200 мг/л), що обумовлює доцільність регенерації цінних компонентів, що містяться в електролітах.

Концентрація домішок (органічні розчинники, олії, фарби), які у стічні води з фарбувальних відділень, коливається не більше 0,1-0,3 кг/м³.

Таким чином, аналіз складу забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу машинобудівними підприємствами, показує, що крім основних домішок атмосфери (СО, SO₂, NO_x, СпНm, пил) у викидах містяться й інші токсичні сполуки, які майже завжди негативно впливають на навколишнє середовище. Концентрація шкідливих речовин у вентиляційних викидах часто невелика, але через великі обсяги вентиляційного повітря валові кількості шкідливих речовин, що у атмосферу, дуже значні. Протягом доби викиди виробляються нерівномірно. Через невелику висоту викиду, розосередженості і, як правило, погане очищення вони сильно забруднюють повітря на території підприємств. Оскільки ширина санітарно-захисних зон для машинобудівних заводів зазвичай не перевищує 100 м навіть за наявності у складі заводу ливарних цехів, виникають великі труднощі у підтримці чистоти повітря зон, що примикають до підприємства.

Основними забруднюючими речовинами стічних вод машинобудівних підприємств, за винятком відділень травлення та гальванотехнічних покриттів, є механічні суспензії та мінеральні олії.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проаналізовано деталь «Вал зубчастий» (шевронний), що входить до складу редуктору, який встановлюється на екскаваторах типу ЕКГ. Було проведено аналіз вузла, до якого ця деталь належить, і розраховано параметри точності шпонкового з'єднання.

Згідно з поверхнями деталі, було підібрано відповідний металорізальний інструмент та спроектовано спеціальний інструмент – черв'ячну фрезу. Також було здійснено розрахунок міцності токарного різця, який використовується під час чорнових операцій, оскільки в цьому етапі спостерігається найбільше руйнування.

Інженерний аналіз спеціального інструменту було проведено у програмному продукті SolidWorks та його модулі Simulation. Для обробки деталі було вибране сучасне обладнання – верстат, та допоміжний інструмент, який дозволить фіксувати різальний інструмент у верстаті. У програмі FeatureCAM було розроблено процес обробки деталі та створено керуючу програму.

Розраховані техніко-економічні показники підтверджують доцільність заміни двох універсальних верстатів на один інтегрований центр ТФЦ 600-7, оскільки строк окупності складає 2,23 роки. Також було розроблено креслення деталі, верстатно-інструментального налагодження, спеціального інструменту та проведено моделювання процесу обробки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Кцзьменко</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної випускної роботи бакалавра для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання. Укладачі: Кіяновський М.В., Нечаєв В.П., Пікільняк А.В., Цивінда Н.І., Бондар О.В., Рязанцев А.О., Кравцова Д.Ю. 2022. Кривий Ріг, КНУ.
2. Електроний каталог «Seco» Turning 2015.
3. Електроний каталог «Seco» Milling 2015.
4. Електроний каталог «Seco» Holemaking 2015.
5. Електроний каталог «Seco» Toling 2015.
6. Електроний каталог «Nika» LHSING.
7. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
8. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П.,Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
9. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
10. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
11. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
12. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
13. 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.
14. 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.
15. 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.
16. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-10.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Кцзьменко</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 «Вал зубчастий» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Кузьменко В.В.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

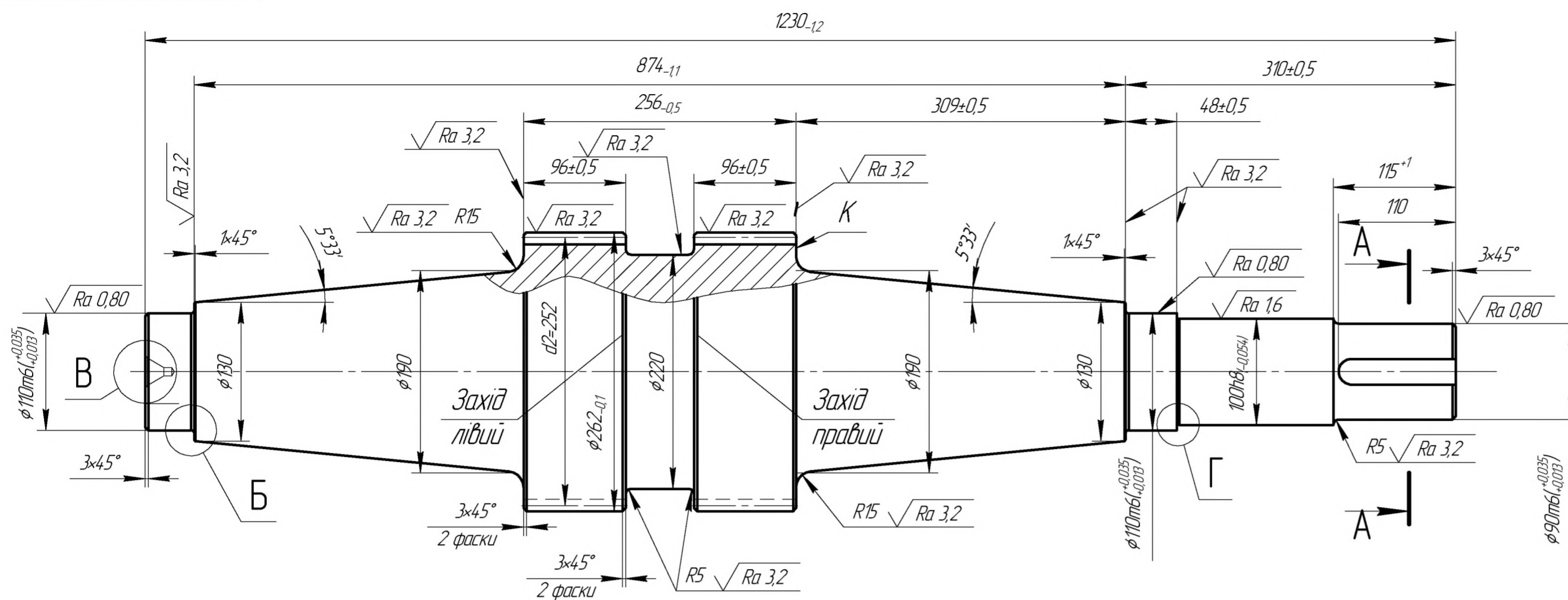
Завідувач кафедри

(підпис)

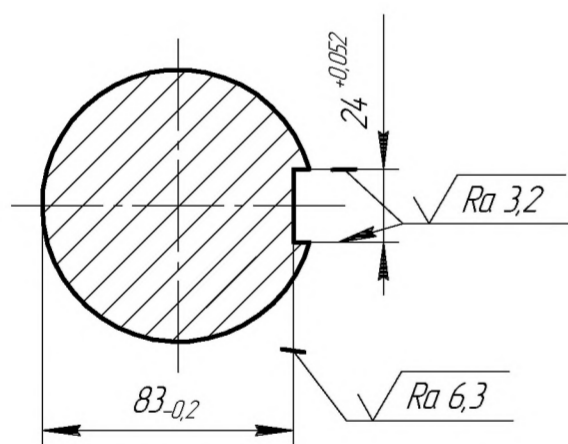
Нечаєв В.П.

Характеристика зацеплення

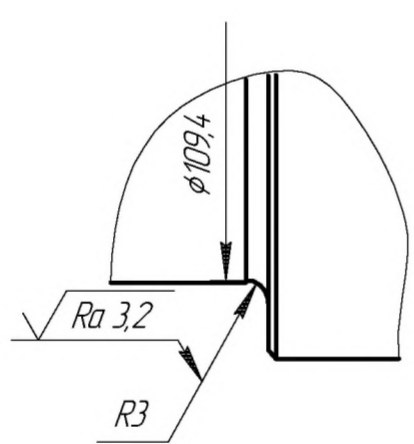
Число зубів	Z	42
Форма зубів		шевронні
Модуль нормальний	m_n	5
Модуль торцювий	m_s	6
Кут нахилу зубів по ділльному циліндру	β_d	33°33'26"
Кут нахилу зубів по циліндру виступов	β_e	
Профільний кут інструменту в нормальному перерізі	$\alpha_{оп}$	20°
Коефіцієнт висоти зуба в нормальному перерізі	$\gamma_{оп}$	1
Коефіцієнт здвигу в торцювому перерізі	φ_s	0
Теоретична висота зуба	h	11,25
Ступінь точності та спряження		Ст 8-7-6-X
Чистота профілю		Ra 1,6
Міжосьова відстань	A	450



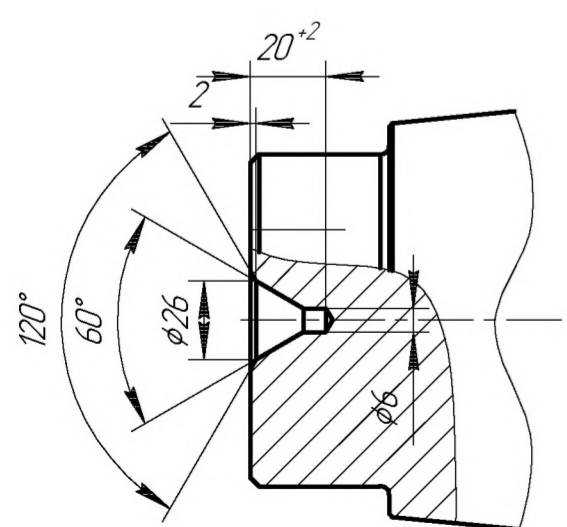
A-A (1:2,5)



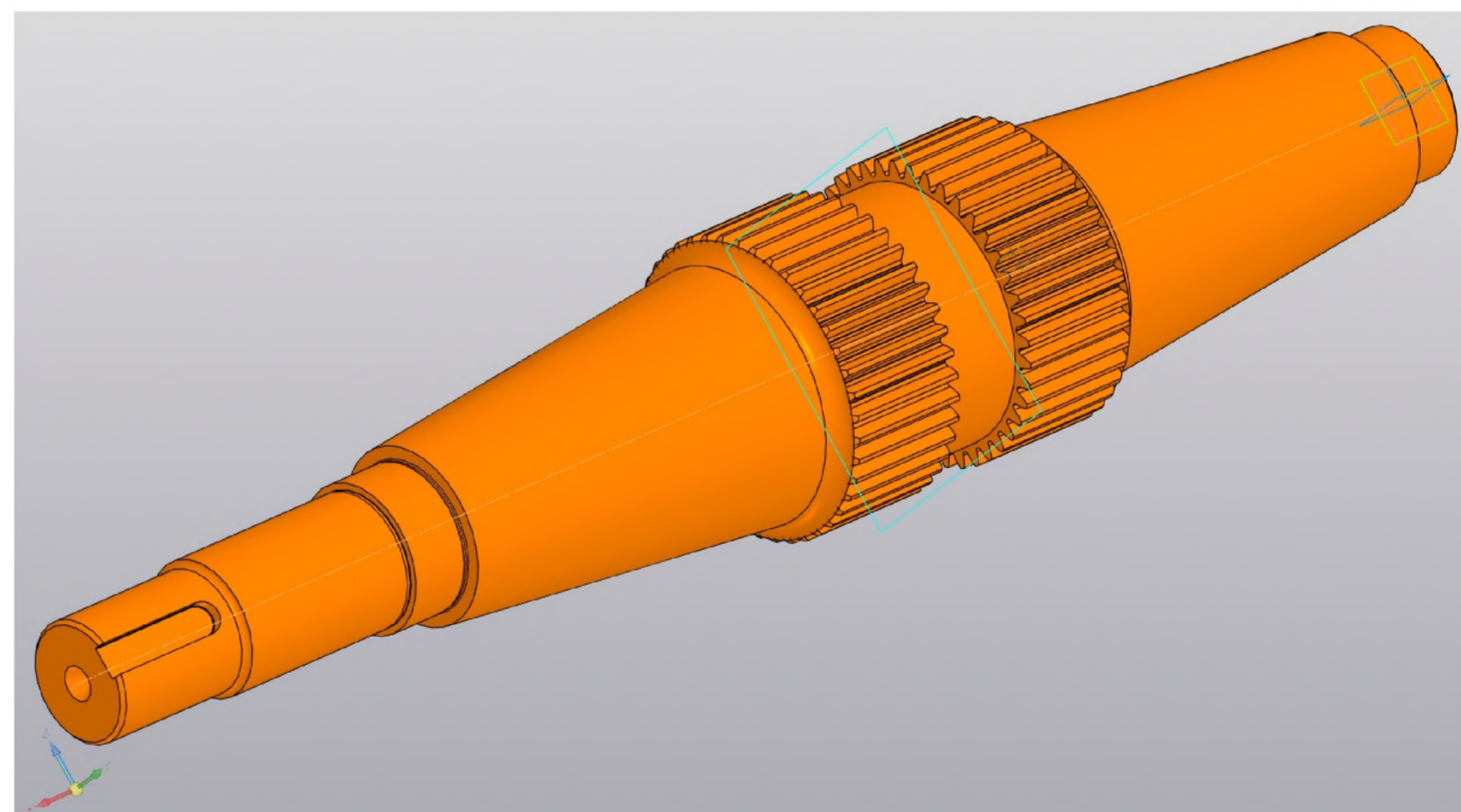
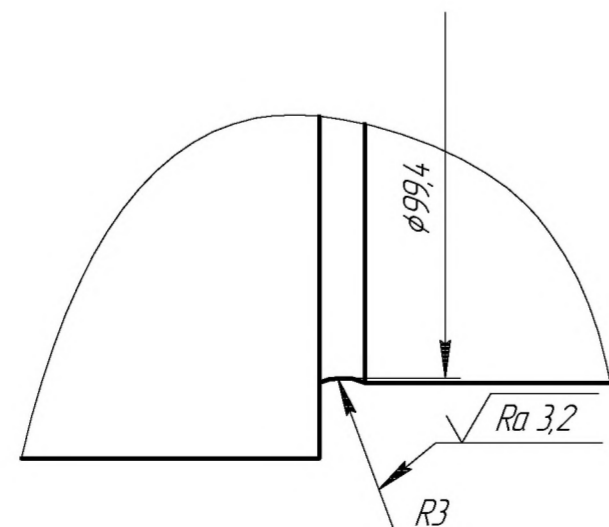
B (1:1)



B (1:2,5)



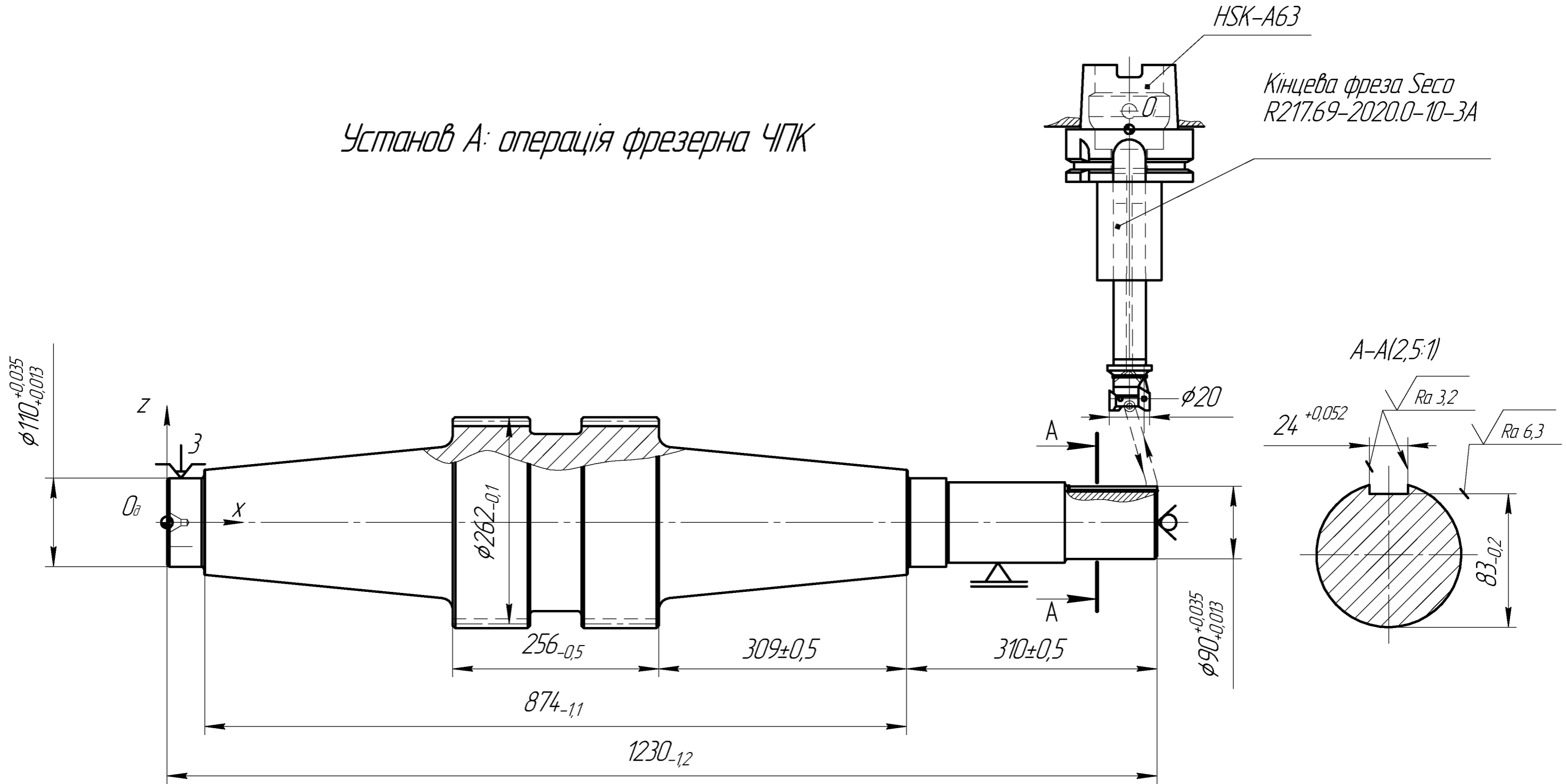
Г (2:1)



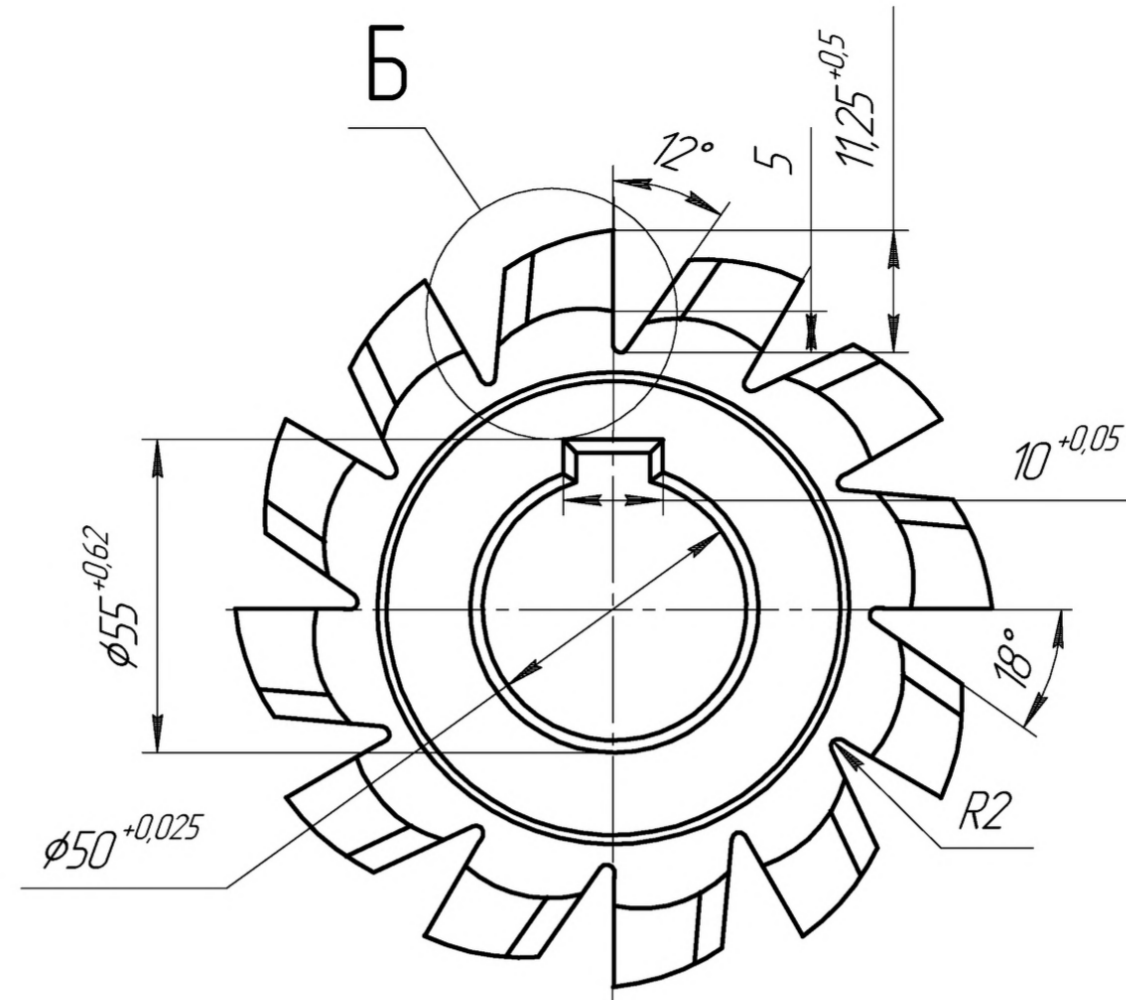
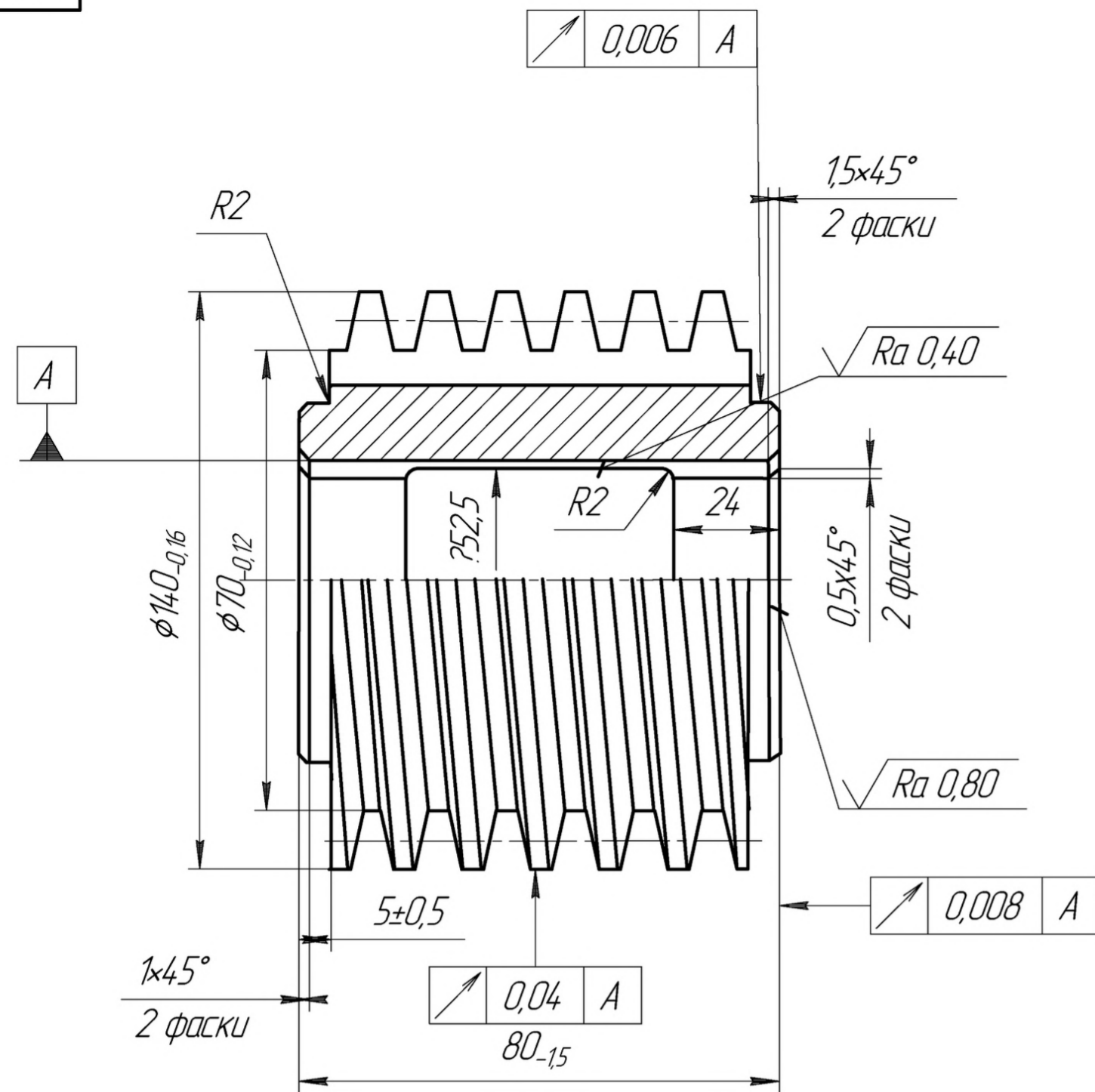
1. Забезпечити твердість поверхонь деталі HB = 262-302.
2. Перекося осі паза шпанки щодо осі валу не більше 0,06 мм.З
3. Зміщення осі паза шпанки щодо осі валу не більше 0,2 мм.
4. Різьду М12 виконати повного профілю, зірваних ниток не допускається.
5. Отвір φ6 виконати при складанні.
6. Невказані граничні відхилення: H14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.

				КНУКБР.13124.1-10.B3			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Вал зубчастий	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Кущьменко					210	1:4
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Сталь 35ХМ ДСТУ 7806:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
Затв.	Нечаєв						

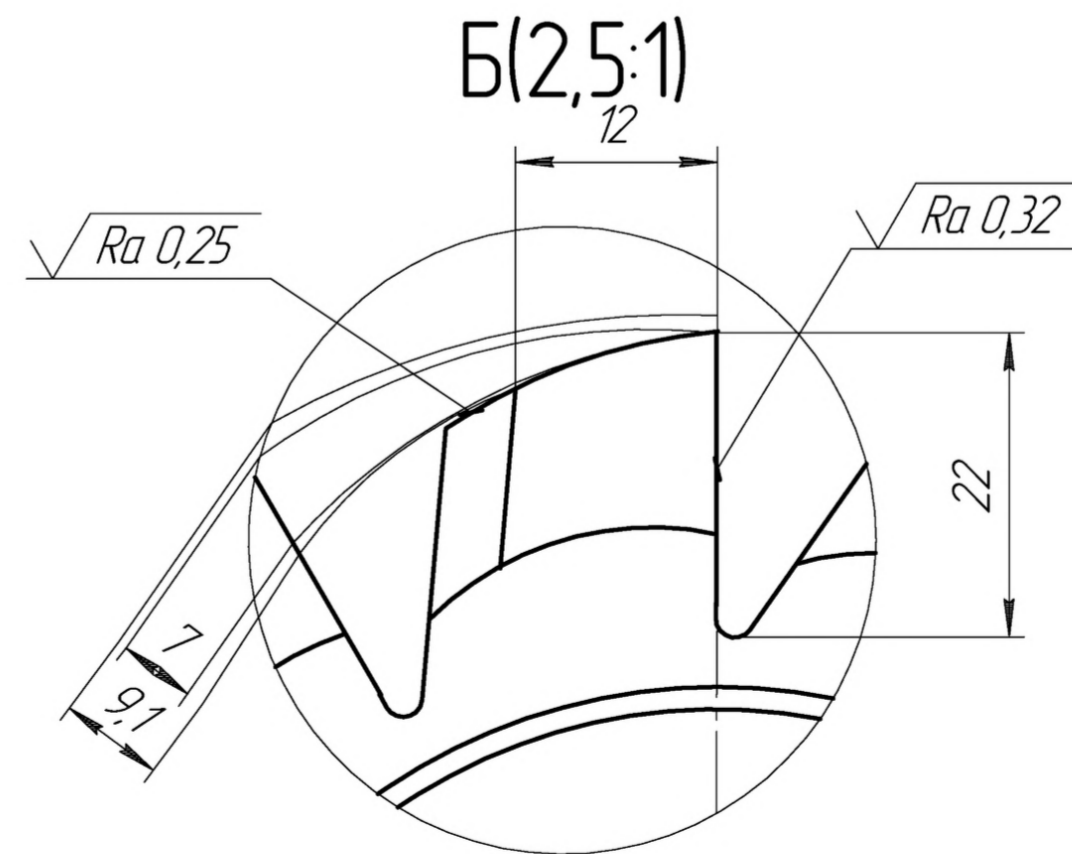
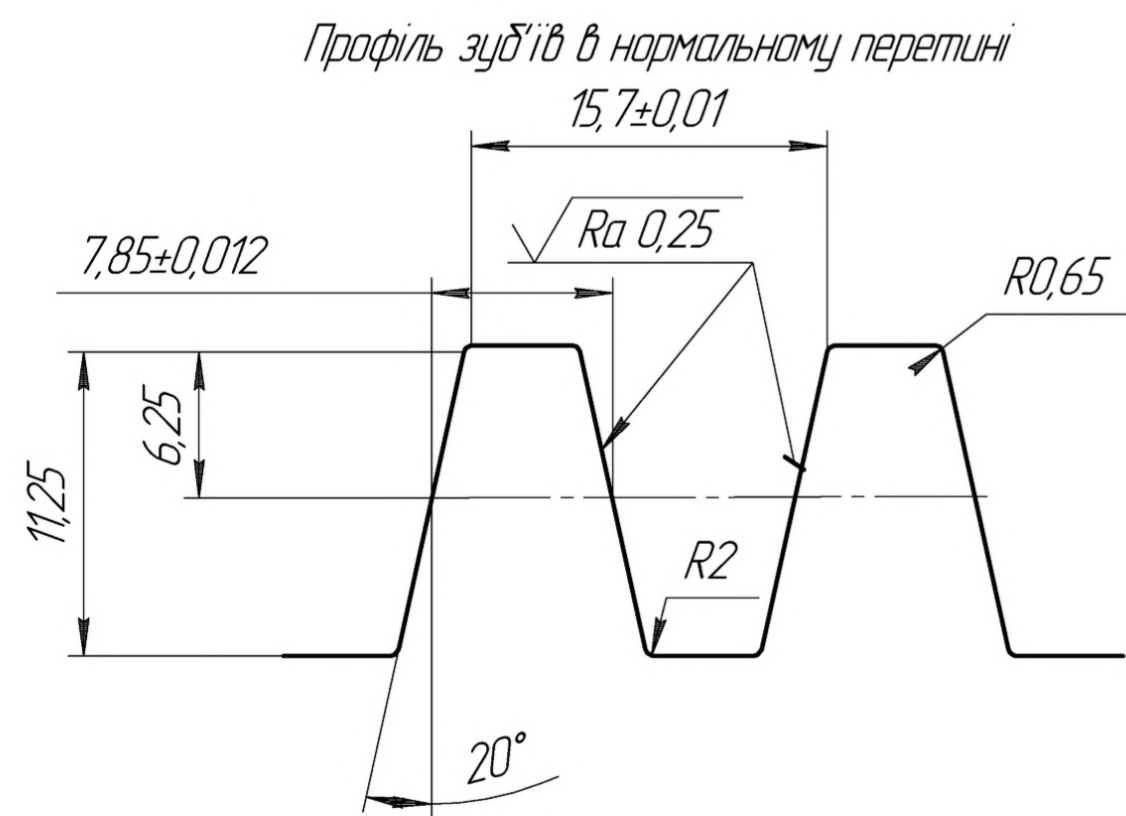
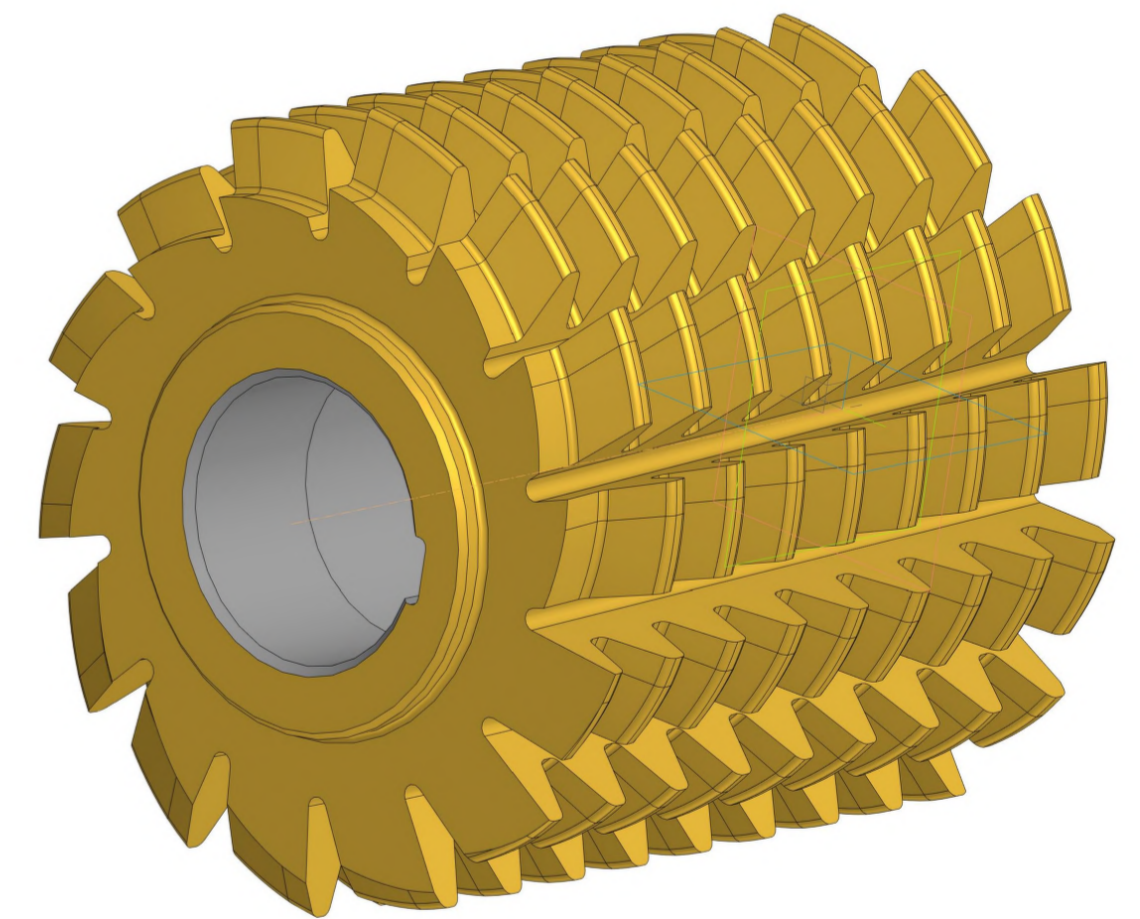
Установ А: операція фрезерна ЧПК



				КНУ.КБР.131.24.1-10.ВІН			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Верстатно-інструментальне налагодження	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Кузьменко				Н		1:1
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ			
Затв.	Нечаєв			гр. ПМ-20			



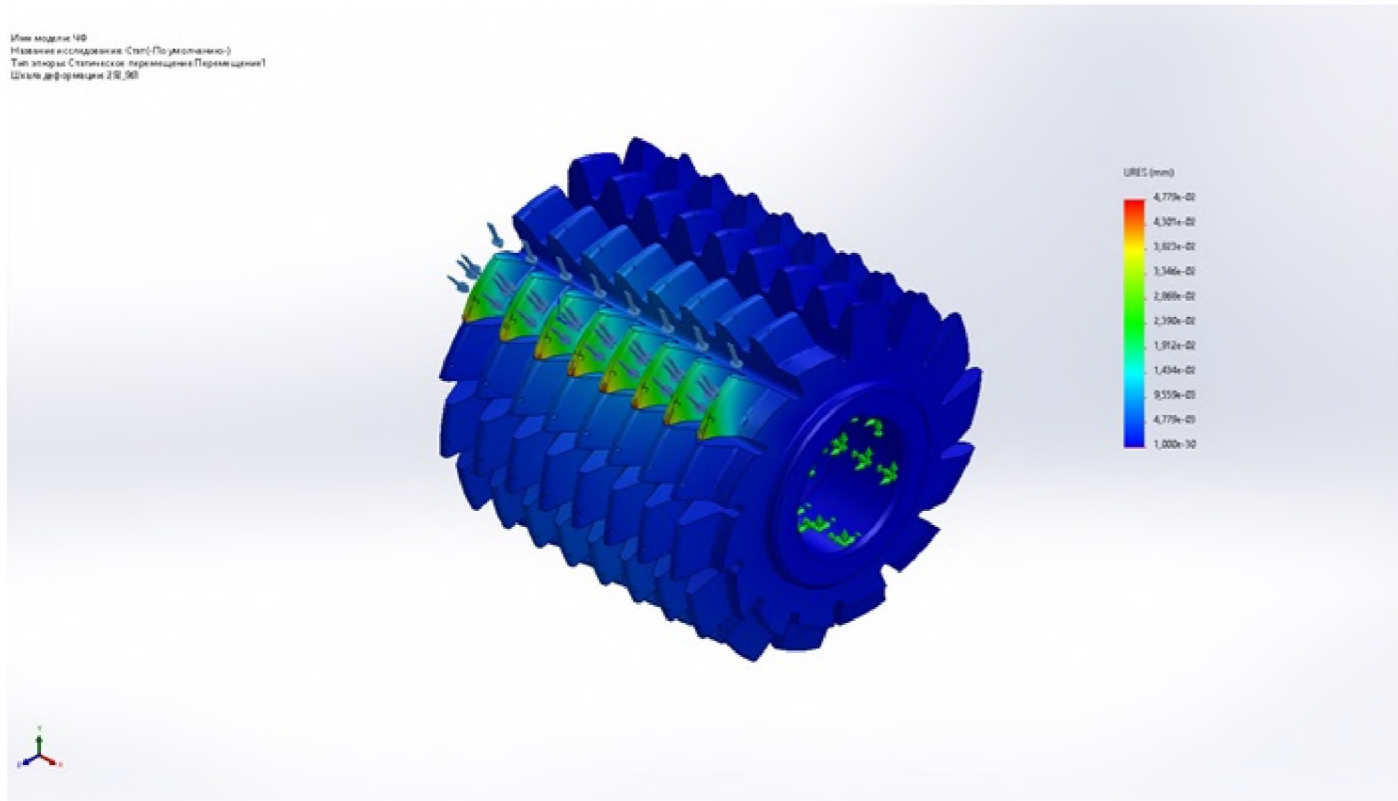
Модуль	5
Кут профілю	12°
Кут підйому гвинтової лінії	18°
Число стружкових канавок	8
Число заходів фрези	1
Напрямок витків фрези	правий
Крок по осі (заходу)	19,3
Крок по нормалі	8,05
Напрямок гвинтових стружкових канавок	лівий
Крок гвинтових стружкових канавок	3,35



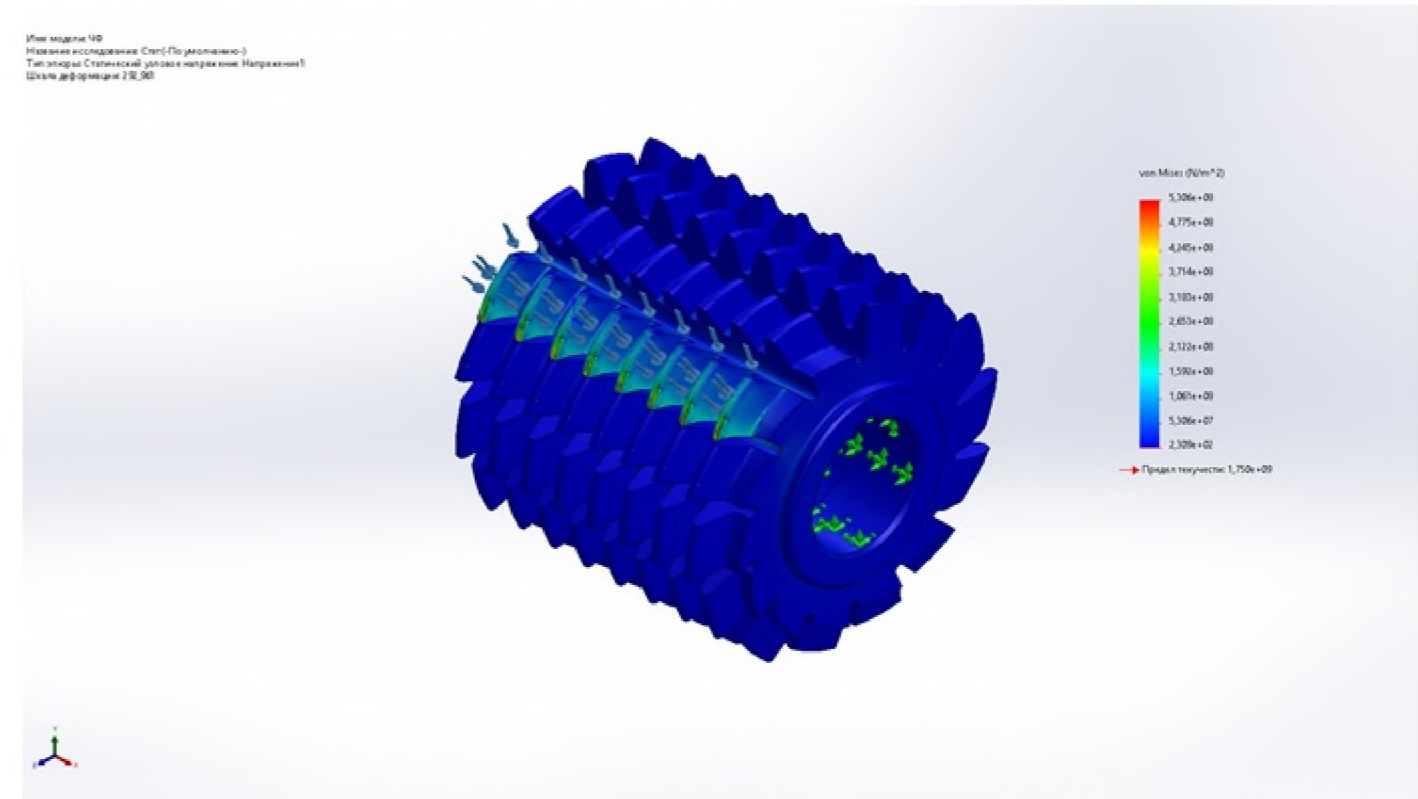
1. Матеріал корпусу фрези – сталь 40Х за ДСТУ 7806:2015.
2. HRC корпусу 32...47
3. Невказані граничні відхилення: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

				КНУКБР.13124.1-10.ФЧ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит	Маса	Масштаб
							1:1
					Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев				Сталь Р6М5 ДСТУ 7304:2013		
Затв.	Нечасів				Кафедра ТМ гр. ПМ-20		

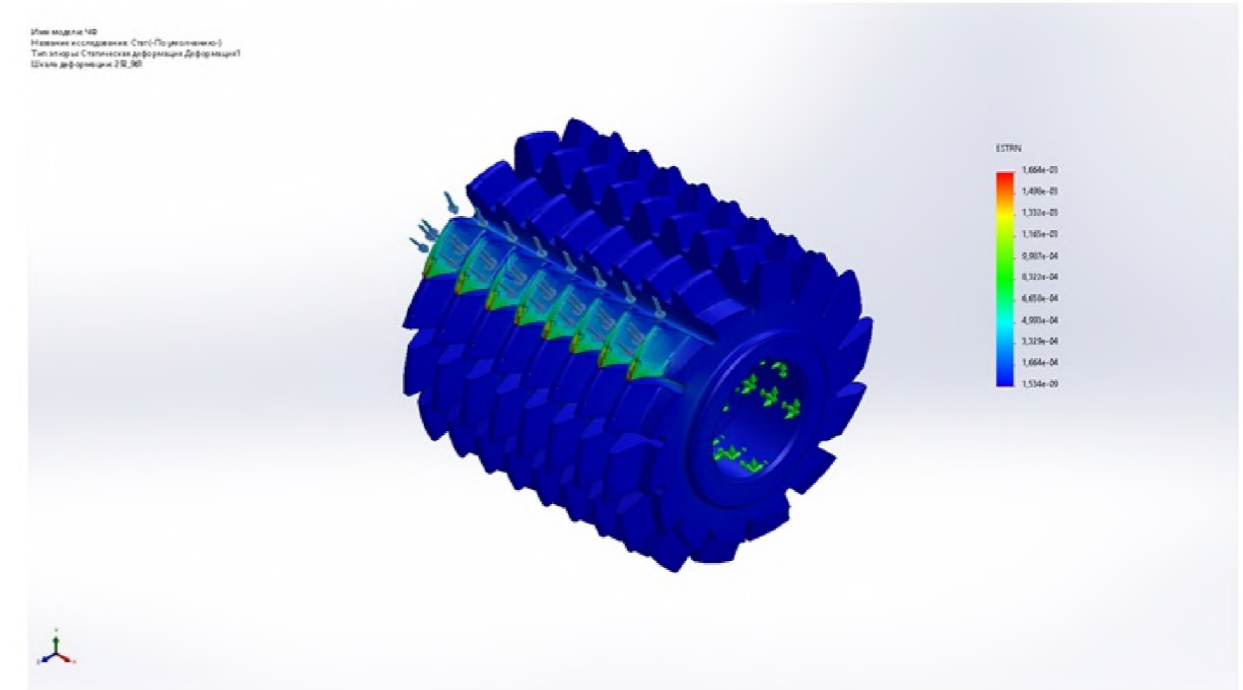
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



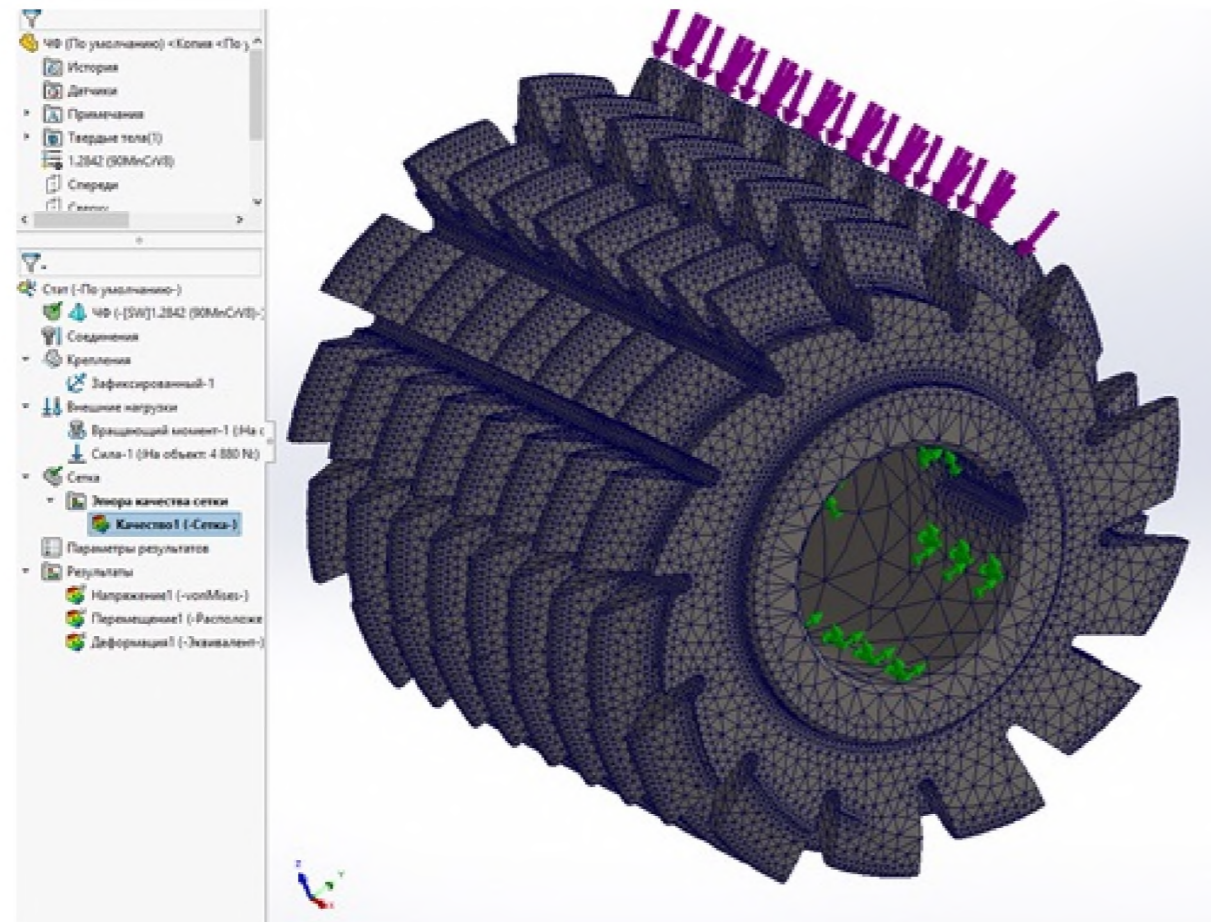
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



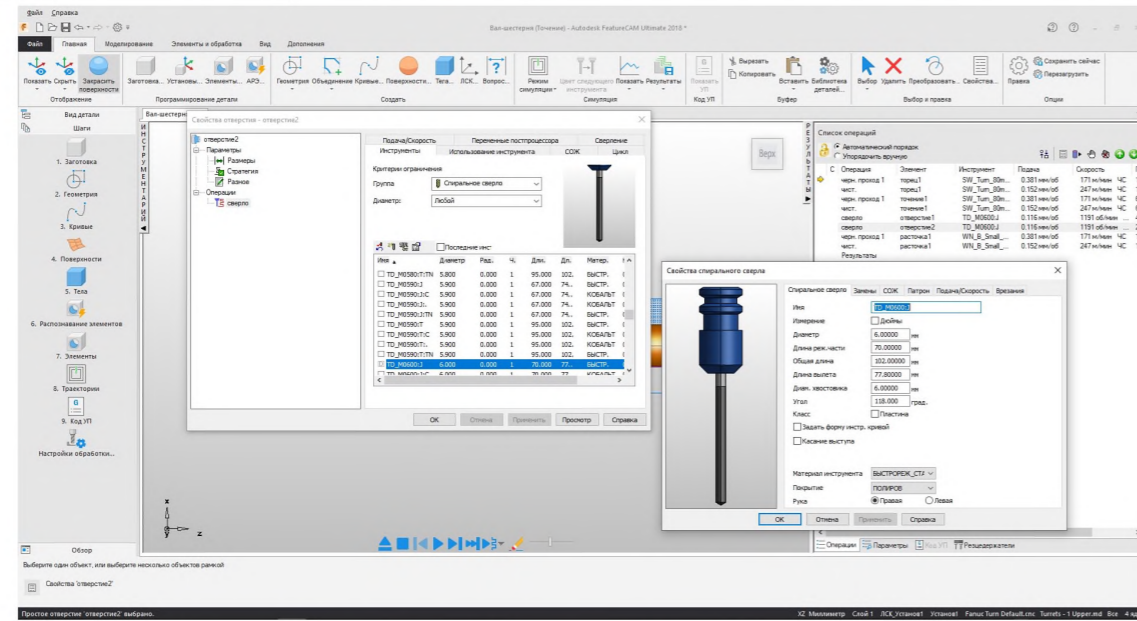
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



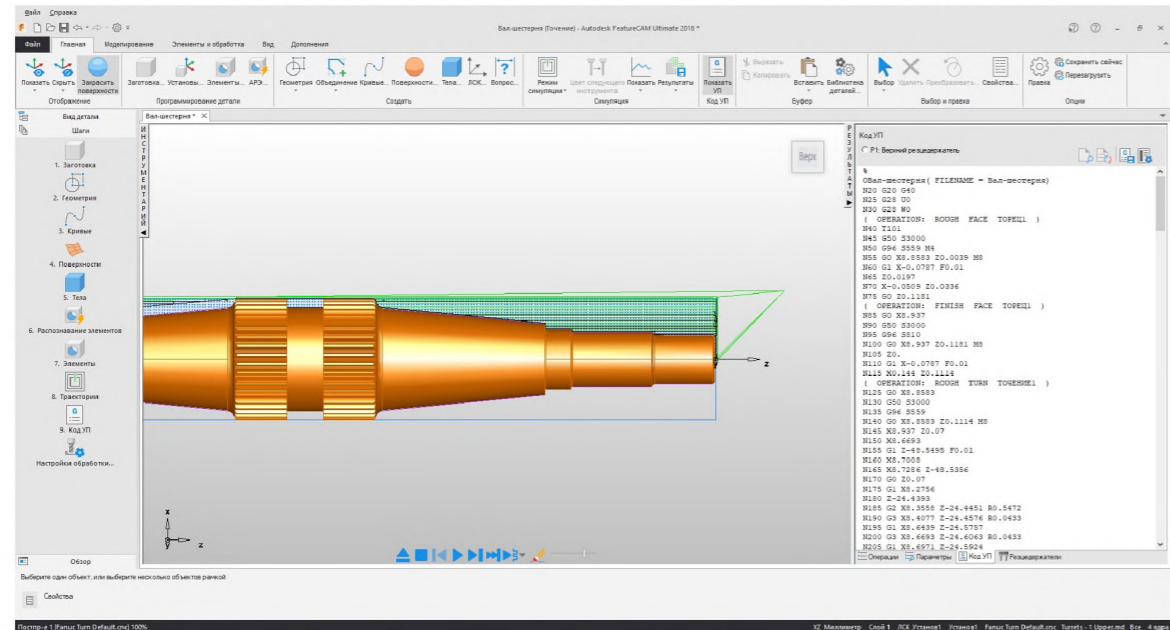
Сітка кінцевих елементів



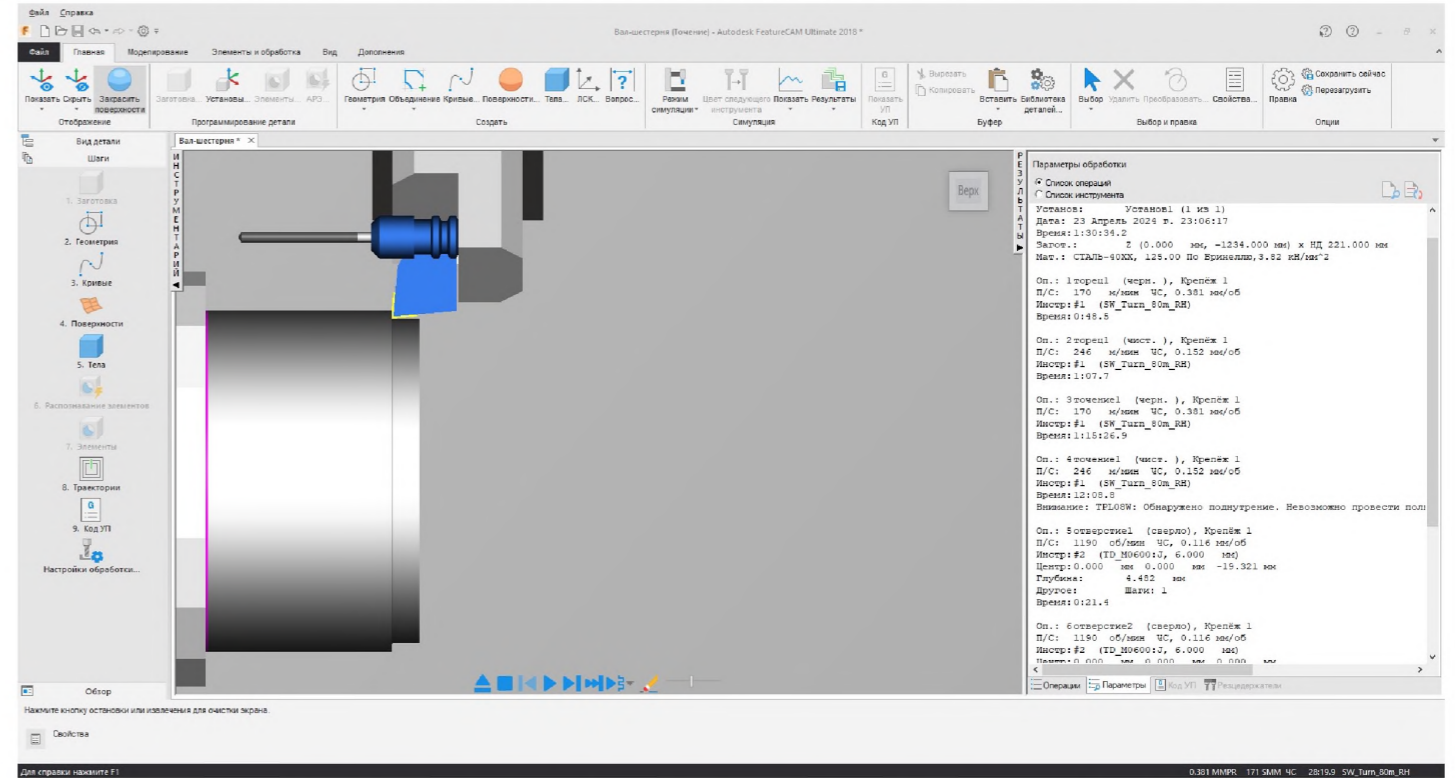
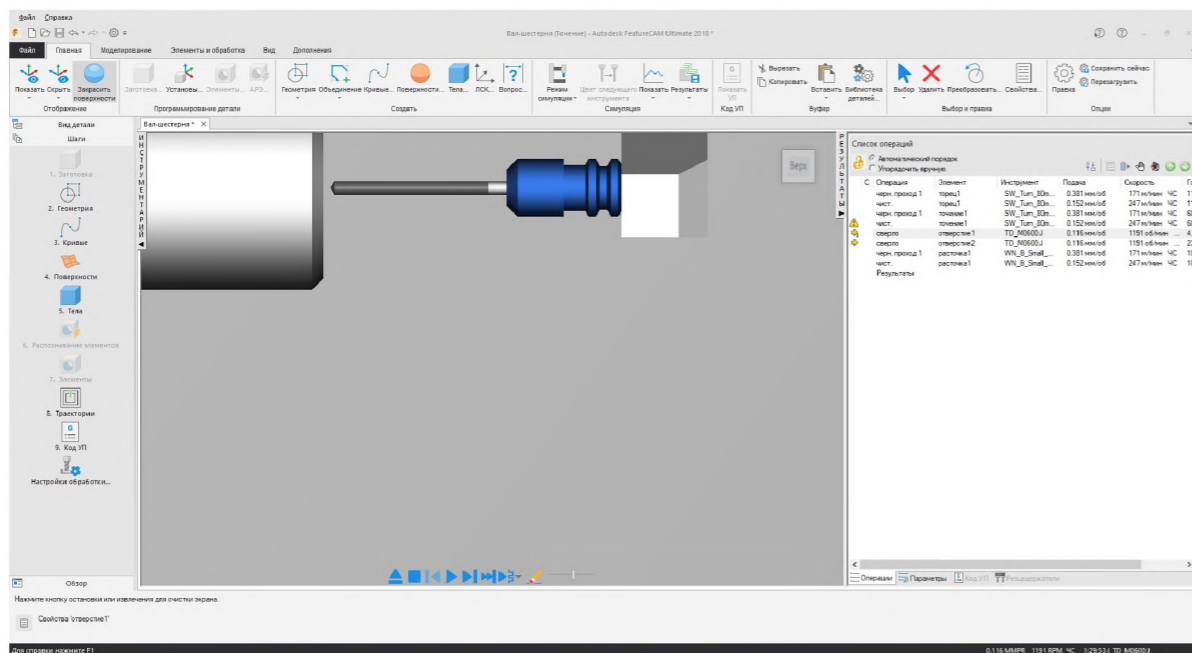
				КНУ.КБР.131.24.1-10.ІАСРІ			
				Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		Н		
Розробив	Кузьменко			Лист	Листів	1	
Керівник	Нечасєв			Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Н.контр.	Рязанцев						
Затв.	Нечасєв						



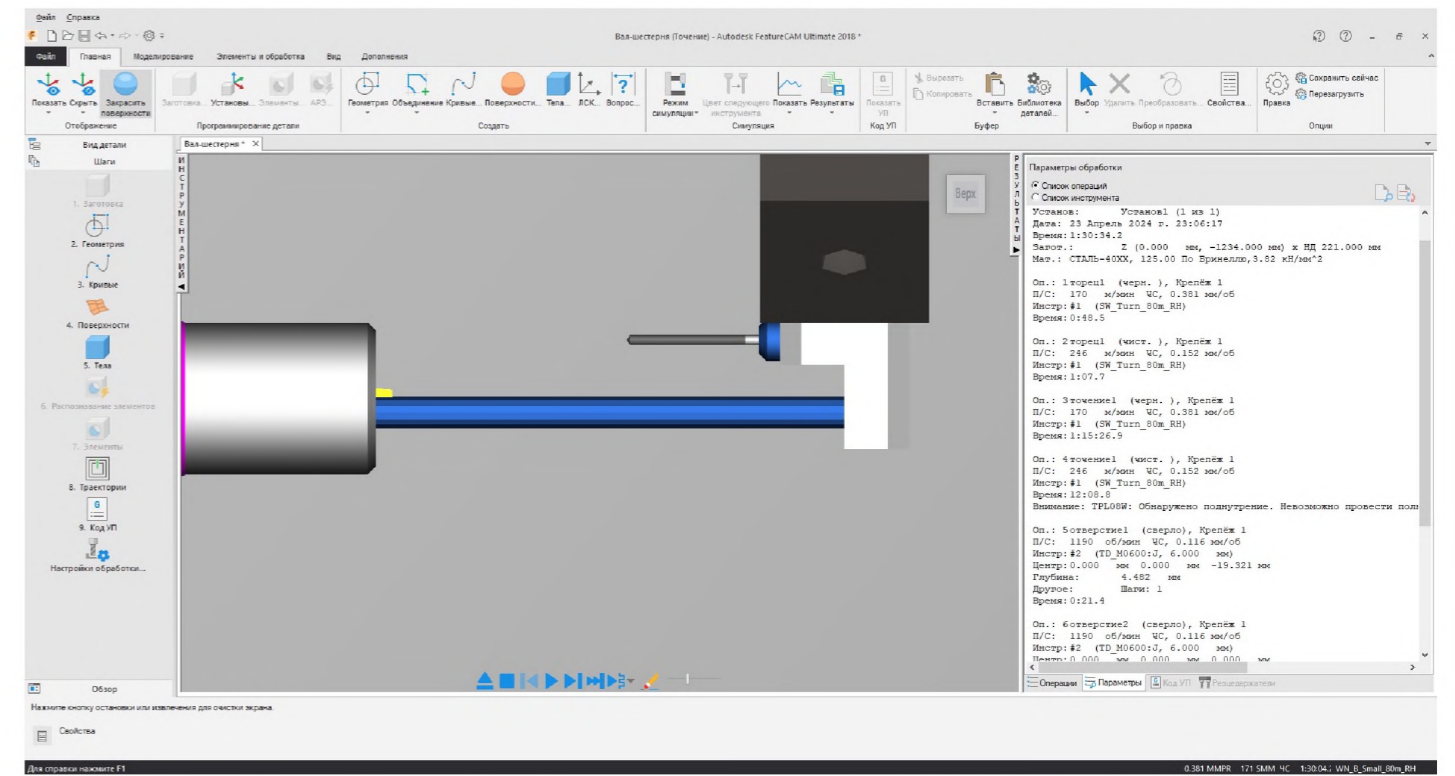
Траекторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (свердління)



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



				КНУ.КБР.131.24.1-10.МПМО			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Кузьменко	Нечаяв			Н		
Керівник	Нечаяв			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ зр. ПМ-20			
Затв.	Нечаяв						