

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав: здобувач
групи ПМ-21ск
Москалець С.М.
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 «Шестерня паразитна» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21ск

(підпис)

Москалець С.М.

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-21ск Москалець Сергій Миколайович

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня паразитна» 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 «Шестерня паразитна». 3. Річна програма випуску деталей

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Шестерня паразитна. 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 _____

/ Нечаєв В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти _____

/Москалець С.М./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 46 стор., 32 рисунки, 9 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: розробка та обґрунтування оптимального різального інструменту для виготовлення «Шестерні паразитної» ГРМ з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем

Об'єкт дослідження – процес виготовлення деталі «Шестерня паразитна» ГРМ в контексті конструкторсько-технологічної підготовки.

Предмет дослідження – розробка та обґрунтування різального інструменту для виготовлення шестерні паразитної ГРМ з використанням CAD/CAM/CAE систем.

У галузі машинобудування та автомобілебудування, особливо в контексті двигунів внутрішнього згоряння, ключовим елементом є система газорозподілу (ГРМ). Одним із важливих компонентів цієї системи є шестерня паразитна, яка забезпечує синхронізацію руху різних валів двигуна. Дослідження конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Шестерня паразитна» ГРМ має велике значення для підвищення якості та ефективності автомобільних двигунів.

У зв'язку з постійним розвитком автомобільної промисловості та підвищенням вимог до екологічності, надійності та продуктивності двигунів, виробники постійно шукають нові технології та методи оптимізації виготовлення ключових компонентів, зокрема, шестерні паразитної ГРМ. Враховуючи це, дослідження конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення цієї деталі є актуальним та перспективним напрямком досліджень.

Під час розробки використовувалися компоненти систем автоматизованого проектування (САПР), включаючи програмне забезпечення Solid Works та Autodesk. Проведено інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних елементів у конструкції. Цей аналіз був виконаний за допомогою інструментів Solid Works у модулі Simulation.

ШЕСТЕРНЯ ПАРАЗИТНА, КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, СОБІВАРТІСТЬ.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.Р</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Маскалець</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-21ск</i>							

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 46 pages, 32 figures, 9 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: development and substantiation of the optimal cutting tool for the manufacture of "Idle gear" of the timing belt using modern CAD/CAM/CAE systems

The object of the study is the manufacturing process of the "Idle gear" part of the timing belt in the context of design and technological preparation.

The subject of the research is the development and substantiation of a cutting tool for the manufacture of a parasitic timing gear using CAD/CAM/CAE systems.

In the mechanical and automotive industry, especially in the context of internal combustion engines, a key element is the timing system. One of the important components of this system is the spur gear, which ensures the synchronization of the movement of various engine shafts. The study of the design and technological preparation of the "Idle gear" part of the timing belt is of great importance for improving the quality and efficiency of automobile engines.

In connection with the continuous development of the automotive industry and increasing requirements for environmental friendliness, reliability and performance of engines, manufacturers are constantly looking for new technologies and methods to optimize the production of key components, in particular, the parasitic timing gear. Taking this into account, the study of the design and technological preparation of the manufacture of this part is an actual and promising direction of research.

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

IDLE GEAR, DESIGN AND TECHNOLOGICAL TRAINING, ENGINEERING ANALYSIS, AUTOMATION, COST.

					<i>КНУКБР.131.24.2-04.P</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	15
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни	15
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	17
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	18
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	21
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	21
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	22
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	26
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	27
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	28
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	29
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	29
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	30
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	35
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	35
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	36
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	40
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	40
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	42
Висновки	45
Список використаних джерел	46

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.3</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Маскалець</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.					<i>Зміст</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21ск</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.131.24.2-04.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Маскалець</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-21ск</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Під час практики отримано вихідні дані для виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи. Зокрема, я мав змогу дослідити креслення деталі під назвою «Шестерня паразитна» та розглянути механізм, в який вона входить. Об'ємну модель цієї шестерні було розроблено та можна побачити на рисунку 1.1.

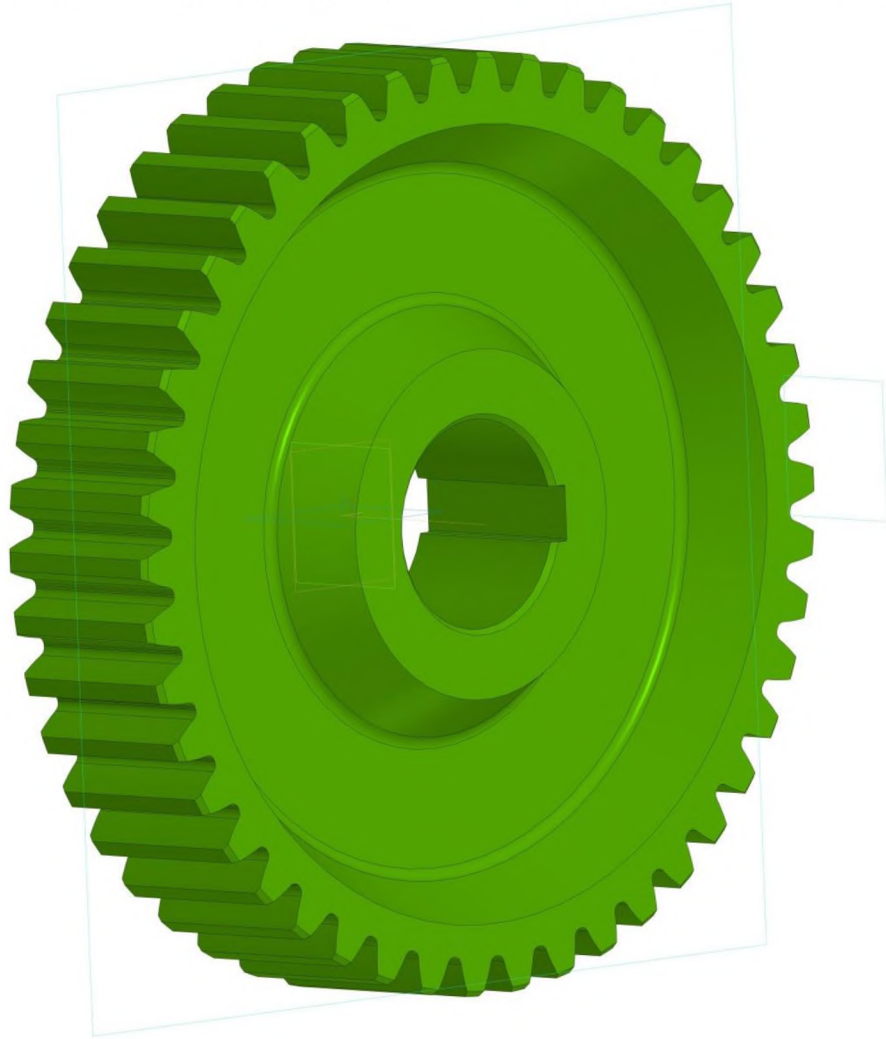


Рисунок 1.1 – Об'ємне креслення деталі «Шестерні паразитної»

Технічне завдання полягає в розробці та обґрунтуванні оптимального різального інструменту для виготовлення «Шестерні паразитної» ГРМ з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем

Розмір партії замовлення – 1000 штук на рік.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.01.АСПМ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Маскалець</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Нечаєв</i>						
					<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		

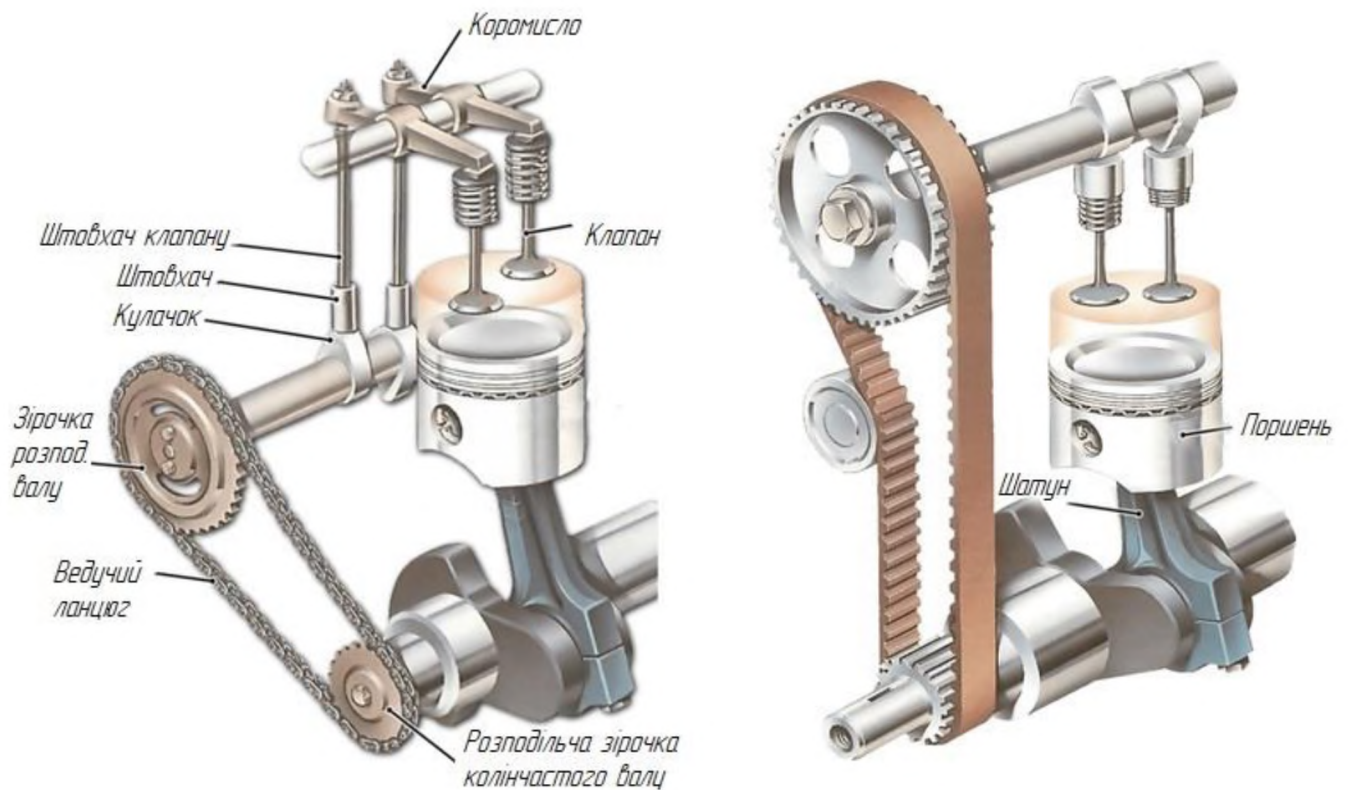


Рисунок 1.2 – Схема ГРМ

Клапани виготовляються із сплавів металів. Робоча кромка тарілки клапана посилена. Стрижень впускного клапана зазвичай повнотілий, а впускного – порожнистий, з натрієвим наповненням для кращого охолодження.

Більшість сучасних ДВС мають по два впускні і два випускні клапани на кожен циліндр. Крім даної схеми ГРМ використовується: двоклапанна схема (один впускний, один випускний), триклапанна схема (два впускні, один випускний), п'ятиклапанна схема (три впускні, два випускні). Використання більшої кількості клапанів обмежується розміром камери згоряння та складністю приводу.

Відкриття клапана здійснюється за допомогою приводу, що забезпечує передачу зусилля розподільного валу на клапан. В даний час застосовуються дві основні схеми приводу клапанів: гідравлічні штовхачі та роликові важелі.

Роликові важелі як привод клапанів більш переважні, т.к. мають менші втрати на тертя та меншу масу. Роликовий важіль (інші найменування – коромисло, рокер, від англійського «коромисло») однією стороною спирається на стрижень клапана, інший – на гідрокомпенсатор (у деяких конструкціях на кульову опору). Для зниження втрат на тертя місце поєднання важеля та кулачка розподільного валу виконано у вигляді ролика.

За допомогою гідрокомпенсаторів у приводі клапанів реалізується нульовий тепловий проміжок у всіх положеннях, забезпечується менший шум і м'якість роботи. Конструктивно гідрокомпенсатор складається з циліндра, поршня із пружиною, зворотного клапана та каналів для підведення олії. Гідравлічний

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

компенсатор, розташований безпосередньо на штовхачі клапана, зветься гідравлічного штовхача (гідроштовхача).

Розподільний вал забезпечує функціонування газорозподільного механізму відповідно до прийнятого для даного двигуна порядку роботи циліндрів і фаз газорозподілу. Він є валом з розташованими кулачками. Форма кулачків визначає фази газорозподілу, а саме моменти відкриття-закриття клапанів та тривалість їх роботи. Істотне підвищення ефективності ГРМ, а отже, і поліпшення характеристик двигуна дають різні системи зміни фаз газорозподілу.

На сучасних двигунах розподільний вал розташований у головці блоку циліндрів. Він обертається у підшипниках ковзання, виконаних у вигляді опор. Використовуються як роз'ємні опори, так і нероз'ємні (вал вставляється з торця). У деяких двигунах в опорах використовуються тонкостінні вкладиші. Від переміщення в поздовжньому напрямку розподільний вал утримується завзятим підшипником, що розташовується з боку приводу валу. До опор розподільного валу по індивідуальних каналах і під тиском подається олія із системи мастила.

Розрізняють дві схеми розташування розподільного валу в головці блоку циліндрів:

- одновальна – SOHC (Single OverHead Camshaft);
- двовальна – DOHC (Double OverHead Camshaft).

У зв'язку з широким застосуванням чотирьох клапанів на один циліндр перевагу надають двовальній схемі ГРМ (один розподільний вал забезпечує привід впускних клапанів, інший вал - випускних). У V-подібному двигуні встановлюється чотири розподільні вали - по два на кожен ряд циліндрів.

Розподільний вал приводиться в дію від колінчастого валу за допомогою приводу, який здійснює його обертання вдвічі повільніше за колінчастий вал (за один цикл роботи двигуна конкретний клапан відкривається тільки один раз). Як привод розподільного валу використовуються ремінна, ланцюгова і зубчаста передачі.

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Шестерня паразитна з'єднується з валом ГРМ через шпонку, утворюючи тим самим шпонкове з'єднання. Доцільно провести розрахунок такого з'єднання.

Задане шпонкове з'єднання ($\text{Ø}75 - 20 \times 12 - 1$).

$$1. D = 75; d = 75; b = 20; B_B = 20; B_{BT} = 20; h = 12; a = d - t_1 = 75 - 7,5 = 67,5; \\ ; A = D + t_2 = 75 + 4,9 = 79,9.$$

2. $D = 75\text{H}9$ (поле допуску шестерні);

$$d = 75\text{m}7;$$

$$b = 20\text{h}9;$$

$$h = 12\text{h}11;$$

$$B_B = 20\text{H}9;$$

$$a = 67,5\text{h}14;$$

$$B_{BT} = 20\text{D}10;$$

$$A = 79,9\text{H}14.$$

3. $20\text{h}9: es = 0;$

$$ei = -52 \text{ мкм.}$$

$$20\text{H}9: ES_B = +52 \text{ мкм;}$$

$$EI_B = 0.$$

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$20D10: \quad ES_{BT} = +149 \text{ мкм}; \quad EI_{BT} = +65 \text{ мкм}.$$

$$4. \quad b_{max} = b_H + es = 20 + 0 = 20,0;$$

$$b_{min} = b_H - ei = 20 + (-0,052) = 19,948;$$

$$B_{Bmax} = B_B + ES_B = 20 + 0,052 = 20,052;$$

$$B_{Bmin} = B_B + EI_B = 20 + 0 = 20;$$

$$B_{BTmax} = B_{BT} + ES_{BT} = 20 + 0,149 = 20,149;$$

$$B_{BTmin} = B_{BT} + EI_{BT} = 20 + 0,065 = 20,065.$$

$$5. \quad Tb = b_{max} - b_{min} = 20 - 19,948 = 0,052;$$

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

$$TB_B = B_{Bmax} - B_{Bmin} = 20,052 - 20 = 0,052;$$

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

$$TB_{BT} = B_{BTmax} - B_{BTmin} = 20,149 - 20,065 = 0,084;$$

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

6. $20 \frac{H9}{h9}$ – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з зазором.

$20 \frac{D10}{h9}$ – з'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з зазором.

7. Шпонка – шпонковий паз вала.

$$S_{Bmax} = B_{Bmax} - b_{min} = 20,052 - 19,948 = 0,104;$$

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

$$S_{Bmin} = B_{Bmin} - b_{max} = 20 - 20 = 0;$$

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

Шпонка – шпонковий паз втулки.

$$S_{BTmax} = B_{BTmax} - b_{min} = 20,149 - 19,948 = 0,201;$$

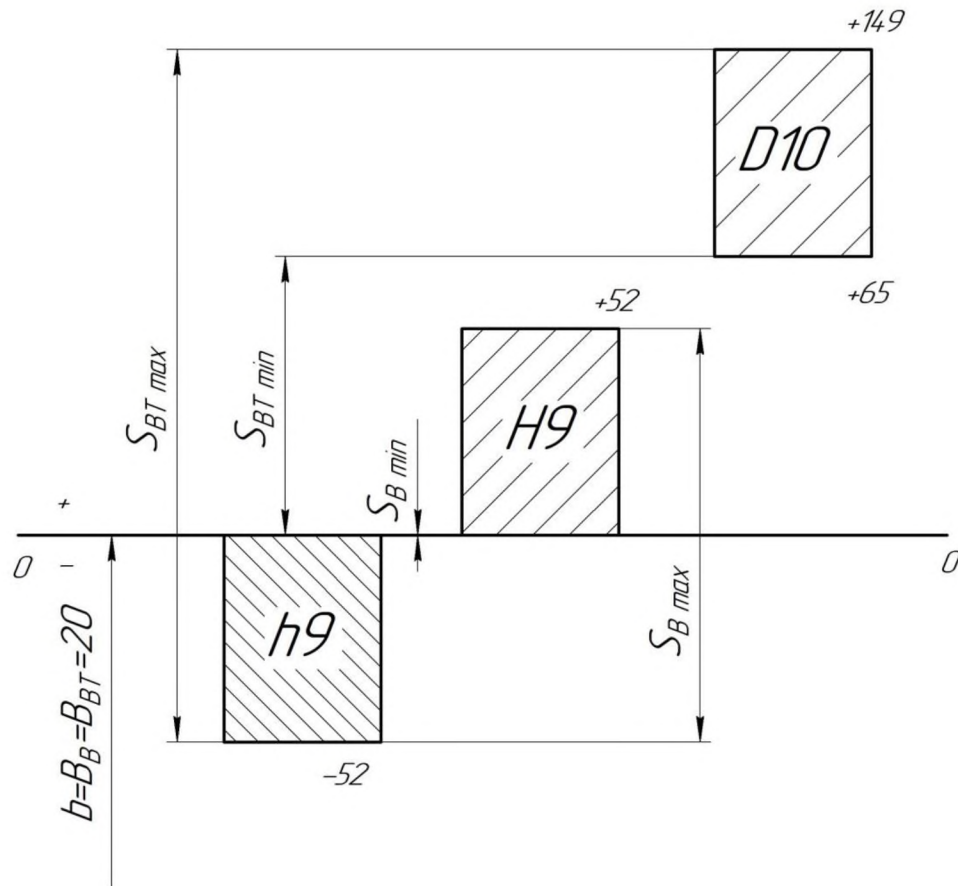
$$S_{BTmax} = ES_{BT} - ei = 149 - (-52) = 201 \text{ мкм};$$

$$S_{BTmin} = B_{BTmin} - b_{max} = 20,065 - 20 = 0,065;$$

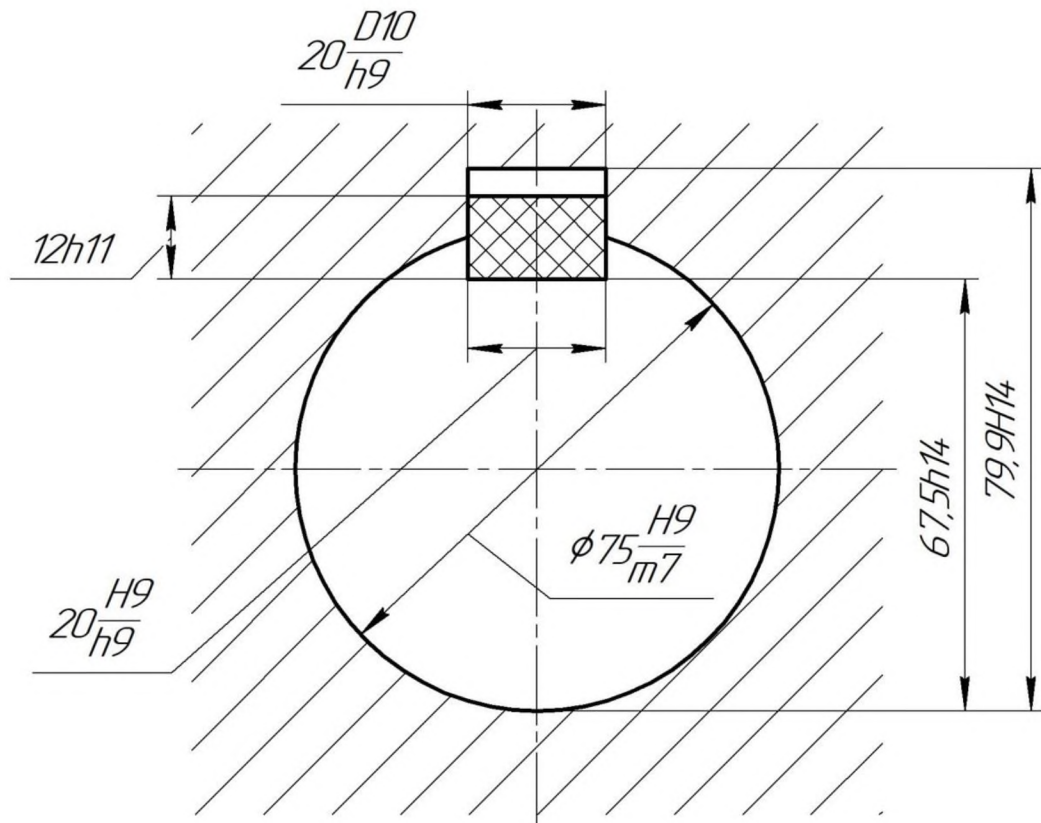
$$S_{BTmin} = EI_{BT} - es = 65 - 0 = 65 \text{ мкм}.$$

На рисунку 1.3 показана схема допусків полів для шпонкового з'єднання, а на рисунку 1.4 – відповідний ескіз.

					КНУКБР.131.24.2-04.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунку 1.3 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання



Рисунку 1.4 – Ескіз заданого шпонкового з'єднання

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Роль проміжних коліс (шестерень), які носять назву паразитних, полягає лише у встановленні зв'язку між крайніми колесами, які іноді можуть бути значно віддалені один від одного, завдяки чому безпосереднє з'єднання їх валів колесами без проміжних шестерень призвело б до необхідності застосування коліс дуже великих габаритів. Інше призначення паразитних шестерень полягає в можливості отримання на відомому валу обертання в бажаному напрямку при заданому напрямку обертання ведучого вала.

Величина загального передавального відношення не залежить від проміжних зубчастих коліс. Це дало привід в техніці називати такі колеса паразитними. Насправді ж ці колеса виконують істотну роль, яка полягає або в забезпеченні належного напрямку обертання вихідного вала, бо введення таких коліс впливає на знак передавального відношення, або в передачі руху при великому міжосьовій відстані.

Сталь конструкційна вуглецева якісна Сталь 45

Використання в промисловості: вал-шестерні, колінчаті і розподільні вали, шестерні, шпинделі, бандажі, циліндри, кулачки і інші нормалізовані, покращувані і піддаються поверхневій термообробці деталі, від яких потрібна підвищена міцність.

Замінники: 40Х, 50, 50Г2

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 (ДСТУ 7806:2015),%

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	As
0.42 - 0.5	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.25	до 0.3	до 0.08

Таблиця 2.2 – Температура критичних точок Сталі 45, °C

$A_{c1} = 730$	$A_{c3}(A_{cm}) = 755$	$A_{r3}(A_{rcm}) = 690$	$A_{r1} = 780$	$M_n = 350$
----------------	------------------------	-------------------------	----------------	-------------

Таблиця 2.3 – Технологічні властивості Сталі 45

Зварюваність:	важко зварюється
Флокеночутливість:	малочутлива.
Схильність до відпускнуї крихкості:	не схильна

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Маскалець</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-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Таблиця 2.4 – Механічні властивості Сталі 45 при $T=20^{\circ}$

Сортамент	Розмір	S_B	S_T	d_5	y	КСУ	Термообробка
-	мм	МПа	МПа	%	%	кДж / м ²	-
Прокат	до 80	600	355	16	40		Нормалізація

Таблиця 2.5 – Закордонні аналоги Сталі 45

США	Німеччина	Японія	Франція	Англія	Євросоюз	Італія
-	DIN, WNr	JIS	AFNOR	BS	EN	UNI
1044	1.0503	S45C	AF65	080M46	1.0503	1C45
1045	1.1191	S48C	C45	1449-50CS	2C45	C43
1045H	1.1193	SWRCH45K	XC42H1	1449-50HS	C45	C45E
G10420	C45	SWRCH48K	XC48H1	C45	C45EC	C45R

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Беручи до уваги остаточні вимоги до точності та якості поверхонь деталей, ми оптимізуємо вибір послідовних технологічних методів обробки. Детальний опис цієї послідовності, що забезпечує відповідну якість поверхні, наведено у таблиці 2.6.

Нумерація поверхонь деталі «Шестерня паразитна» наведена на рис. 2.1.

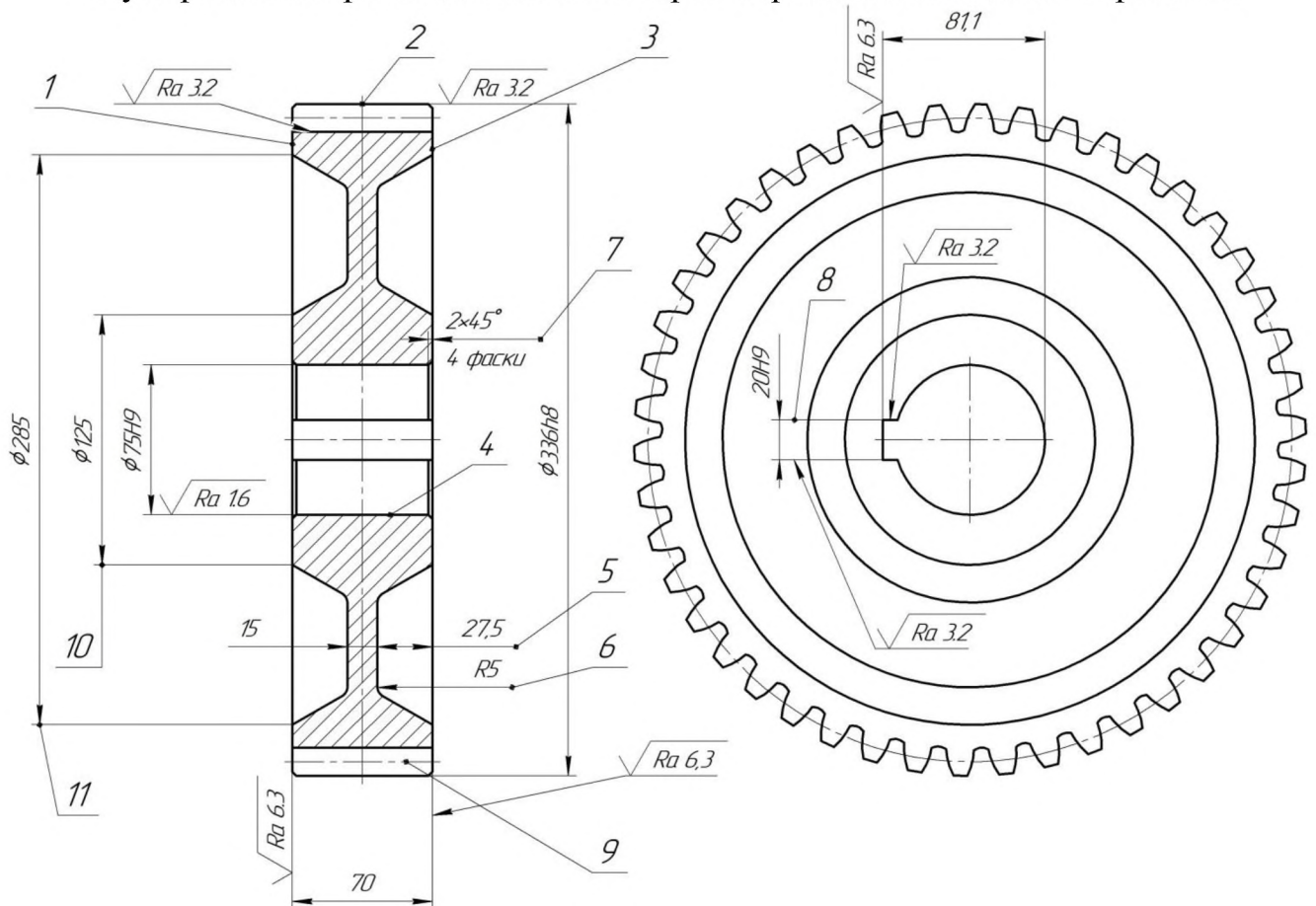


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вал зубчастий»

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.2-04.02.ТПВД					

Таблиця 2.6 – Вибір і обґрунтування послідовності обробки

№ поверх.	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, $\pm IT$	Послідовність технологічних методів обробки	Прим.
1	2	3	4	5	6
1,3	70	12,5 6,3	h14	Підрізання торцю чорнове Підрізання торцю напівчистове	
2	Ø336	12,5 6,3 3,2	h14 h12 h8	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
4	Ø75	12,5 6,3 3,2 1,6	H14 H12 H10 H9	Розточування чорнове Розточування напівчистове Розточування чистове Шліфування	
5	27,5	12,5	14/2	Точіння чорнове	
6	R5	12,5	14/2	Точіння чорнове	
7	2x45° 4 Фаски	12,5	14/2	Точіння фаски	
8	B=20H9 A=81,1H14	12,5 6,3 3,2	H14 H12 H9	Довбання пазу чорнове Довбання пазу полужистове Довбання пазу чистове	
9	m=7 z=46 D ₀ =322	12,5 6,3 3,2		Зубофрезерування чорнове Зубофрезерування напівчистове Зубофрезерування чистове	
10	Ø125	12,5	h14	Точіння чорнове	
11	Ø285	12,5	h14	Точіння чорнове	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь «Шестерня паразитна» показана на кресленні головним видом в перерізі та видом зліва. Як додаткова інформація міститься таблиця з параметрами зубчатого вінця деталі. Все поверхні мають шорсткість, або підпорядковуються параметру невказаної шорсткості, яка становить Ra 12,5.

					<i>КНУКБР.131.24.2-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Креслення виконано на форматі А3 в масштабі 1:1. У технічних вимогах зазначені невказані граничні відхилення на отвори, вали та інші розміри. Даної інформації буде достатньо для повного уявлення про габарити, форму деталі та подальшого визначення етапів отримання поверхонь шестерні.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес обробки заданої деталі складається з наступних технологічних операцій:

Оп. 005 – токарна чорнова, токарно-гвинторізний верстат 16К20.

Оп. 010 – токарна чистова, токарний оброблювальний центр з ЧПК «TRENS SBL 700 CNC».

Оп. 015 – зубофрезерна, вертикальний зубофрезерний напівавтомат 5Е32.

Оп. 020 – довбальна, довбальний верстат 7А420.

Оп. 025 – шліфувальна, внутрішньо-шліфувальний верстат 3К228А

Враховуючи різноманітність та особливості раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь, ми підберемо найбільш підходящі види металорізального обладнання та інструментів. Дані занесені до табл. 2.7.

Токарно-фрезерний обробний центр з ЧПК TRENS SBL 700 CNC, що використовується на токарних чистових операціях показано на рис. 2.2.



Рисунок 2.2 – Токарно-фрезерний обробний центр з ЧПК TRENS SBL 700 CNC

Технічні характеристики

Робочий діапазон

Робочий діаметр над станиною 750 мм

Макс, діаметр виробу, що обробляється 500 мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Макс, довжина обробки (патрон – задня бабка) 2000 мм

Макс діаметр патрона 400 мм.

Макс, маса деталі, закріпленої у центрах 2500 кг

Макс, маса деталі, закріпленої у патроні 250 кг

Шпиндель

Умовний розмір кінця шпинделя DIN 55026 A2-11

Діаметр отвору Ø127 мм

Привід шпинделя (АС) FANUC/SIEMENS

Потужність головного приводу S1 37 кВт

Потужність головного приводу S6 45/56 кВт (при перевантаженні)

Діапазон частот обертання - 1-й ряд 0-700 хв⁻¹

2-й ряд 0-2500 хв⁻¹

Супорт та привід подач

Межі поперечних робочих подач 1+10 000 мм.хв.

Швидкість швидких переміщень - поперечних 16 м.хв⁻¹

Межі поздовжніх робочих подач 1+10 000 мм.хв.

Швидкість швидких переміщень - поздовжніх 20 м.хв.

Переміщення поперечного супорта 420 мм

Переміщення поздовжнього супорта 2170 мм

Інструментальна система

Револьверна 12-позиційна інструментальна головка SAUTER /
DIPLOMATIC з можливістю застосування приводного інструменту, діаметр
різцетримача Ø 50 мм.

Задня бабка

Конус в отворі пінолі Морзе МК6

Хід пінолі 150 мм

Габаритні розміри верстата

Висота 2487 мм

Ширина 2237/2256 мм

Довжина 5465 мм

Довжина з транспортером стружки 6799/6361 мм (лівий, правий)

Вага без спеціального приладдя 11 000 кг

Таблиця 2.7 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці
поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип верстата
1	2	3
1,3	Підрізання торцю чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16К20
	Підрізання торцю напівчистове	Токарно-фрезерний обробний центр з ЧПК TRENS SBL 700 CNC
2	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16К20
	Точіння напівчистове	Токарно-фрезерний обробний центр з ЧПК TRENS SBL 700 CNC
	Точіння чистове	

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.7

1	2	3
4	Розточування чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
	Розточування напівчистове Розточування чистове	Токарно-фрезерний обробний центр з ЧПК TRENS SBL 700 CNC
	Шліфування	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3K228A
5	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
6	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
7	Точіння фаски	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
8	Довбання пазу чорнове	Довбальний верстат 7A420
	Довбання пазу напівчистове	
	Довбання пазу чистове	
9	Зубофрезерування чорнове	Вертикальний зубофрезерний напівавтомат 5E32
	Зубофрезерування напівчистове	
	Зубофрезерування чистове	
10	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20
11	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.02.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

Відповідно до сучасних методів технологічної обробки поверхонь певної деталі, ми вибираємо металорізальні інструменти. Для кожної окремої поверхні деталі ми підбираємо відповідний інструмент та створюємо його ескіз. Усі отримані дані вносяться до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату	Тип інструменту
1	2	3	4
1,3	Підрізання торцю	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Прохідний відігнутий різець
		Токарний оброблювальний центр с ЧПК «SBL 700 CNC»	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
2	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Прохідний відігнутий різець
	Точіння напівчистове Точіння чистове	Токарний оброблювальний центр с ЧПК «SBL 700 CNC»	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
4	Розточування чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Різець розточний
	Розточування напівчистове Розточування чистове	Токарний оброблювальний центр с ЧПК «SBL 700 CNC»	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною
	Шліфування	Внутрішньо-шліфувальний верстат 3К228А	Шліфувальний круг
5	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Прохідний відігнутий різець
6	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Прохідний відігнутий різець
7	Точіння фаски	Токарно-гвинторізний верстат 16К20	Прохідний відігнутий різець

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.03.ВРДІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Маскалець</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-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>						

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4
8	Довбання пазу чорнове Довбання пазу напівчистове Довбання пазу чистове	Довбальний верстат 7A420	Довбальний різець
9	Зубофрезерування чорнове Зубофрезерування чистове	Вертикальний зубофрезерний напівавтомат 5E32	Чорнова багатозаходна черв'ячна фреза Чистова однозаходна черв'ячна фреза
10	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Прохідний відігнутий різець
11	Точіння чорнове	Токарно-гвинторізний верстат 16K20	Прохідний відігнутий різець

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Визначаємо та пояснюємо матеріали, використані для виготовлення різальної частини інструментів, а також встановлюємо їх геометричні параметри, зважаючи на дані, наведені у каталогах сучасних інструментів. Отримані результати записуємо у табл. 3.2.

Вибір інструментів виконуємо за каталогом фірми SECO [3].

1) Виконуємо огляд стратегії обробки [3, с. 91] – різець прохідний з ромбічною пластиною, $\varphi=95^\circ$ (рис. 3.1).

Пластина – CC, державка – SCLCR.

2) Для різця обираємо державку C4-SCLCR-27050-09 з наступними параметрами (рис. 3.2) [3, с. 130]:

$D_{5m}=40$; $l_1=27$; $f_1=32$; $l_1=50$; $\gamma_0=0^\circ$; $\lambda_s=0^\circ$; вага = 0,3кг.

3) Вибір пластини [3, с. 343-347]

- для напівчистої обробки – стружколом MF2 покриття TP3500

- для чистої обробки – стружколом F2 покриття TP2501

За обраним видом сплаву та стружколома обираємо пластини (рис. 3.3):

- для напів чистої обробки – CCMT 060202-MF2 (рис. 3.4)

- для чистої обробки – CCMT 060202-F2 (рис. 3.5)

4) Конструктивні параметри пластин 09T3:

Допуски: $S=\pm 0,15$; $r_e=\pm 0,1$

$d=9,53\pm 0,05$

$l=12,9$

$S=3,97$

$h=4,5$

$r_e=0,2-1,2$

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

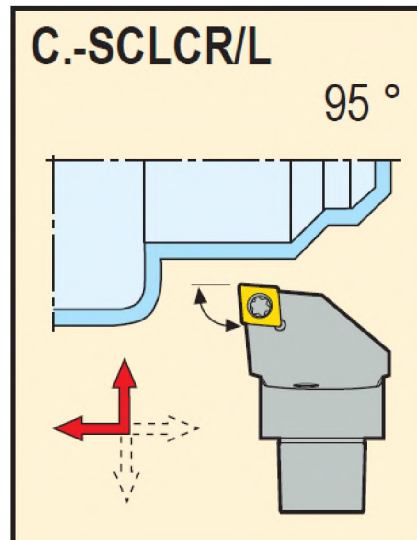


Рисунок 3.1 – Різець для зовнішньої обробки з ромбічною пластиною

Державки для пластин CCGT, CCGW, CCMT и CCMW



- Номенклатуру пластин см. на стр. 343-347, 400-401, 431-432
- γ_0° = Передний угол, λ_s° = Угол наклона
- Обозначение державок см. на стр. 10-11

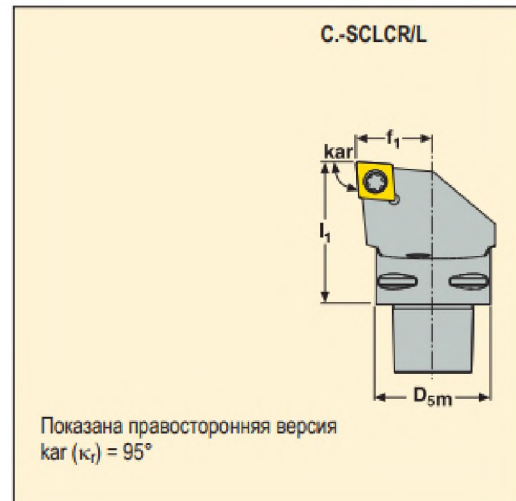


Рисунок 3.2 – Державки для пластин

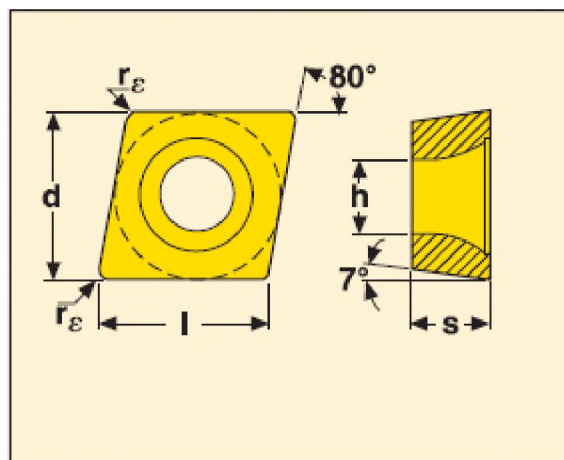


Рисунок 3.3 – Загальний вид пластин групи CCMT

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.2-04.03.ВРДІ

Арк.

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
1	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	Напівчистова обробка – TP3500 Стружколом – MF2	C4-SCLCR-27050-09	$\varphi=95^\circ$ $\alpha=7^\circ$ $\gamma=0^\circ$ $\varphi_1=5^\circ$
		Чистова обробка – TP2501 Стружколом – F2		
2	Прохідний прямий різець ДСТУ ГОСТ 18879:2018	T15K6	Сталь 50	$\varphi=45^\circ$ $\alpha=10^\circ$ $\gamma=10^\circ$ $\varphi_1=45^\circ$
	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	Напівчистова обробка – TP3500 Стружколом – MF2	C4-SCLCR-27050-09	$\varphi=95^\circ$ $\alpha=7^\circ$ $\gamma=0^\circ$ $\varphi_1=5^\circ$
Чистова обробка – TP2501 Стружколом – F2				
3	Прохідний відігнутий різець ДСТУ ГОСТ 18877:2018	T15K6	Сталь 50	$\varphi=45^\circ$ $\alpha=10^\circ$ $\gamma=12^\circ$ $\varphi_1=45^\circ$
	Різець з механічним кріпленням з ромбічною пластиною	Напівчистова обробка – TP3500 Стружколом – MF2	C4-SCLCR-27050-09	$\varphi=95^\circ$ $\alpha=7^\circ$ $\gamma=0^\circ$ $\varphi_1=5^\circ$
Чистова обробка – TP2501 Стружколом – F2				
4	Різець розточний ДСТУ ГОСТ 18883:2018	T15K6	Сталь 50	$\varphi=60^\circ$ $\alpha=15^\circ$ $\gamma=10^\circ$ $\varphi_1=30^\circ$
	Різець розточний з механічним кріпленням та ромбічною пластиною	Напівчистова обробка – TP3500 Стружколом – MF2	SCACL 1212D09	$\varphi=90^\circ$ $\gamma_0=0^\circ$ $\alpha=7^\circ$ $\varphi_1=5^\circ$
		Чистова обробка – TP2501 Стружколом – F2		
Шліфувальний круг	A24			
5,6,7, 10, 11	Прохідний відігнутий різець ДСТУ ГОСТ 18877:2018	T15K6	Сталь 50	$\varphi=45^\circ$ $\alpha=10^\circ$ $\gamma=12^\circ$ $\varphi_1=45^\circ$

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

КНУ.КБР.131.24.2-04.03.ВРДІ

Арк.

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

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

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

J - Момент інерції прямокутного перетину державки:

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

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$5128 > 3778 < 4544$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи характеристики поверхонь посадочних місць верстатів для різальних інструментів і параметри поверхонь посадочних місць самого різального інструменту, ми призначаємо відповідні типи допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів для кожного конкретного різального інструменту.

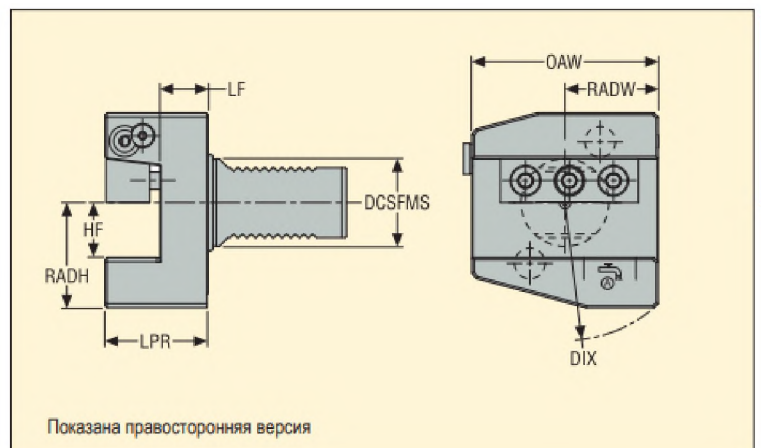
Допоміжний інструмент обирається в каталогах «СЕКО Tooling/Turning 2022» [2].

Підбираємо допоміжний інструмент для різця з механічним кріпленням з ромбічною пластиною C4-SCLCR-27050-09.

Обираємо адаптер із необхідною посадкою VDI 40 (рис. 3.6) – ASHA-R-VDI40-25-JETI [2, с. 407]



- Торцевое крепление револьверной головки
- Комбинированная конструкция В1 и В4 (правая)
- Комбинированная конструкция В2 и В3 (левая)
- Двусторонние шлифованные хвостовики VDI



VDI типоразмер	Обозначение	Размеры в мм								CP*	KG
		DCSFMS	DIX	RADW	OAW	RADH	HF	LF	LPR		
VDI30	ASHA-R-VDI30-20-JETI	30	103	35	70	38	20	22	42	80	1,6
	ASHA-L-VDI30-20-JETI	30	103	35	70	38	20	22	42	80	1,6
VDI40	ASHA-R-VDI40-25-JETI	40	128	43	85	48	25	22	47	80	2,6

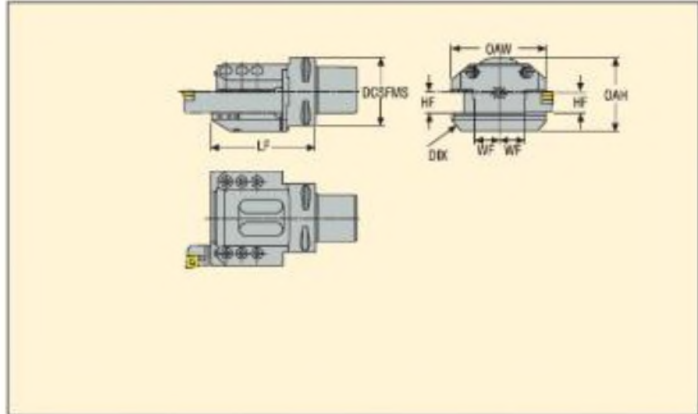
Рисунок 3.6 – Адаптер ASHA-R-VDI40-25-JETI

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.2-04.03.ВРДІ	Арк.

Підбираємо допоміжний інструмент для розточного різця з механічним кріпленням з ромбічною пластиною SCACL 1212D09.

Обираємо різцетримач C6-ASHS-122-25-JETI (рис. 3.7) [2, с. 403].

Точение – Jetstream Tooling®, Seco-Capto™, адаптеры



Хвост Seco-Capto	Обозначение	Размеры в мм								CP*	KG
		DCSFMS	DIX	RADW	OAW	WF	OAH	HF	LF		
C6	C6-ASHS-122-25-JETI	63	114	45	90	20	78	25	122	70	4,2
C8	C8-ASHS-122-25-JETI	80	128	55	110	30	78	25	122	70	4,8

Рисунок 3.7 – Адаптер C6-ASHS-122-25-JETI.

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

Розробка інструментального комплексу ведеться для зубонарізної операції. Виконується операція на вертикальному зубофрезерному напівавтоматі 5E32.

Обираємо оправку

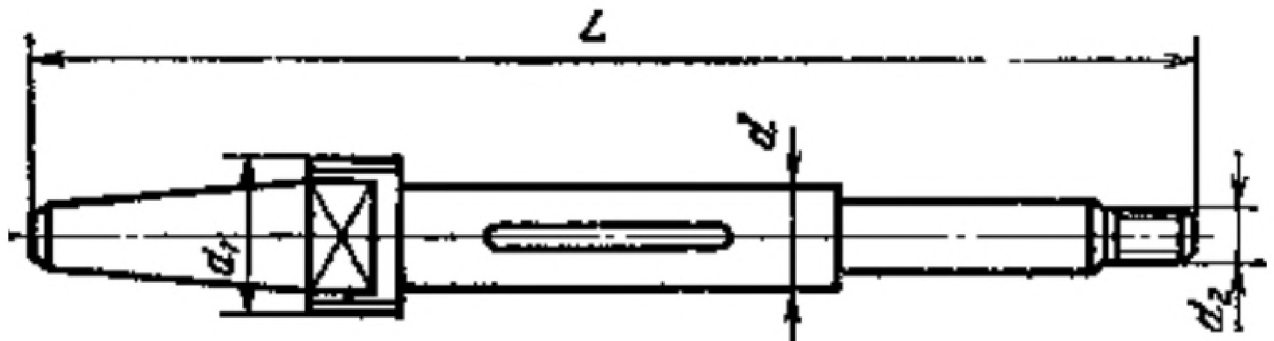


Рисунок 3.8 – Оправка для черв'ячної фрези:

Конус Морзе (AT6)	L	d_1	d	d_2
5	500	70x1.5	40	30x1.5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.2-04.03.ВРДІ	Арк.

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Розрахувати та сконструювати черв'ячну фрезу для обробки паразитної шестерні.

Вихідні дані:

$$m = 7 \text{ мм}; \alpha_d = 20^\circ$$

Проектування фрези ведемо за ISO 2490:2007.

1. Основні конструктивні і розрахункові розміри фрези приймаємо за ISO 2490:2007 (для цільних прецезійних фрез класу AA-тип 1):

- зовнішній діаметр фрези $d_{a0} = 160 \text{ мм}$
- діаметр посадочного отвору $d = 60 \text{ мм}$
- діаметр буртика $d_1 = 90 \text{ мм}$
- довжина фрези $L = 155 \text{ мм}$
- ширина буртиків $l = 6 \text{ мм}$
- число зубів(число стружечних канавок) $z_0 = 12$.

2. Розміри профіля зубів в нормальному перетині:

- крок профілю зуба в нормальному перетині $P_{n0} = 21.991 \text{ мм}$
- товщина зуба в нормальному перетині $S_{n0} = 11.22 \text{ мм}$
- висота зуба $h_0 = 17.5 \text{ мм}$
- висота головки зуба $h_{a0} = 8.75 \text{ мм}$
- висота ніжки зуба до фланку $h_{f0} = 3.85 \text{ мм}$
- товщина фланку найбільша $a_f = 0.06 \text{ мм}$
- радіус закруглення головки зуба $r_a = 2.66 \text{ мм}$
- радіус закруглення ніжки зуба $r_f = 2.1 \text{ мм}$

3. Розміри профіля зуба в осьовому перетині:

- крок профіля зуба $P_{x0} = 22.018 \text{ мм}$
- профільний кут правої сторони зуба $\alpha_{пр} = 20^\circ 5'$
- профільний кут лівої сторони зуба $\alpha_{л} = 19^\circ 58'$
- середній розрахунковий діаметр фрези $d_{m0} = 139.95 \text{ мм}$
- кут підйому витка, рівний куту нахилу стружечних канавок $\gamma_{m0} = \lambda_{m0} = 2^\circ 52'$
- затилування $K = 8.5 \text{ мм}$
- допоміжне затилування $K_1 = 1.4K = 11.9 \text{ мм}$
- хід винтової стружечної канавки $P_z = 8779 \text{ мм}$

<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.04.ПІАРІ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Маскалець</i>		
Перевір.		<i>Нечаєв</i>		
Реценз.				
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>		
<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21ск</i>

4. Елементи стружкових канавок фрези:

Глибина канавки

$$H = h_0 + \frac{K+K_1}{2} \quad (4.1)$$

$$H = 17.5 + \frac{8.5 + 11.9}{2} = 29.7 \text{ мм}$$

Кут профіля стружечної канавки $\theta = 18^\circ$ (для $z_0 = 12$)

Радіус закруглення дна канавок

$$r = \frac{\pi(d_{a0} - 2H)}{10z} \quad (4.2)$$

$$r = \frac{3.14(160 - 2 * 29.7)}{10 * 12} \approx 2.6 \text{ мм}$$

5. Розміри посадочного отвору і шпонкового пазу за ISO 2490:2007:

$$d = 60H5(+0.013); C_1 = 64.2H12(+0.3); a = 14C11(+0.205, +0.095).$$

6. Розміри канавок для облегшення шліфування профілю зубів: $h_0 = 1 \text{ мм}$;

$$r_3 = 1 \text{ мм}; b = 0.3S_{n0} = 0.3 * 11.2 \approx 3.5 \text{ мм}$$

7. Технічні вимоги на фрезу типу 1, класу AA приймаємо за ГОСТ 9324-80.

8. Виконуємо креслення фрези.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для отримання більш детального розуміння проєктованого різального інструменту ми використовуємо програму SolidWorks Simulation та метод кінцевих елементів. Початкові дані подані на рисунку 4.1.

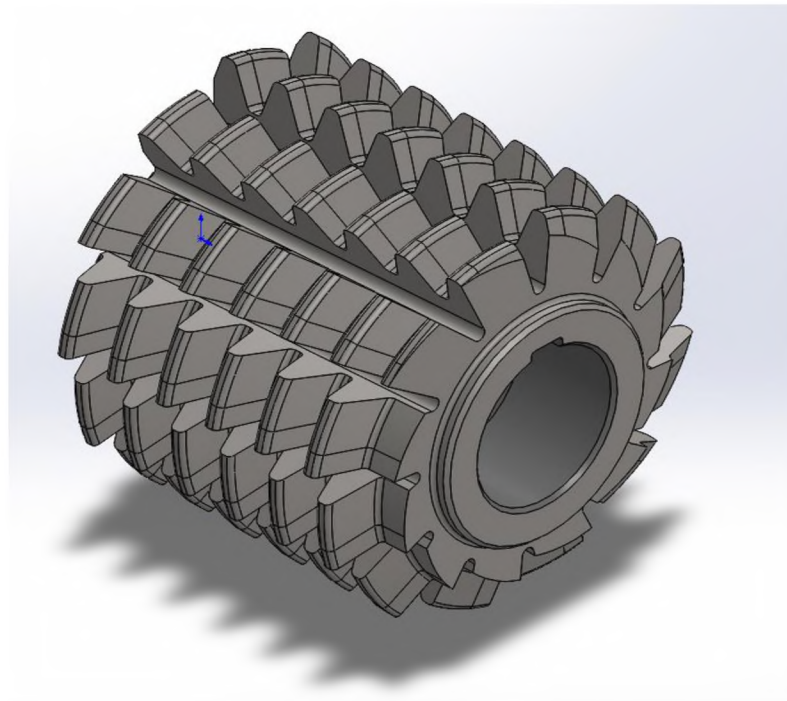


Рисунок 4.1 – Вихідна модель інструменту

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У програмі ми фіксуємо положення та рух нашого інструменту під час обробки (рис. 4.2). Після внесення початкових даних ми створюємо сітку кінцевих елементів (рис. 4.3) та запускаємо дослідження, результати якого представлені на ешюрах (рис. 4.4-4.6).

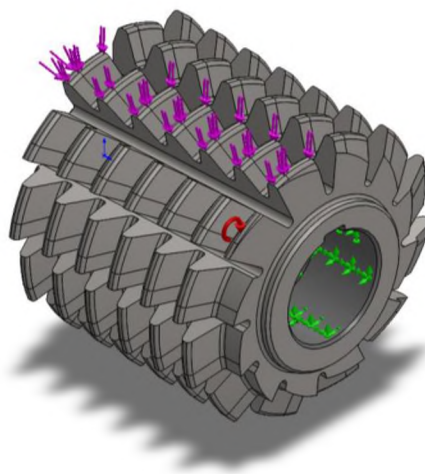


Рисунок 4.2 – Закріплення та прикладення необхідних сил інструменту

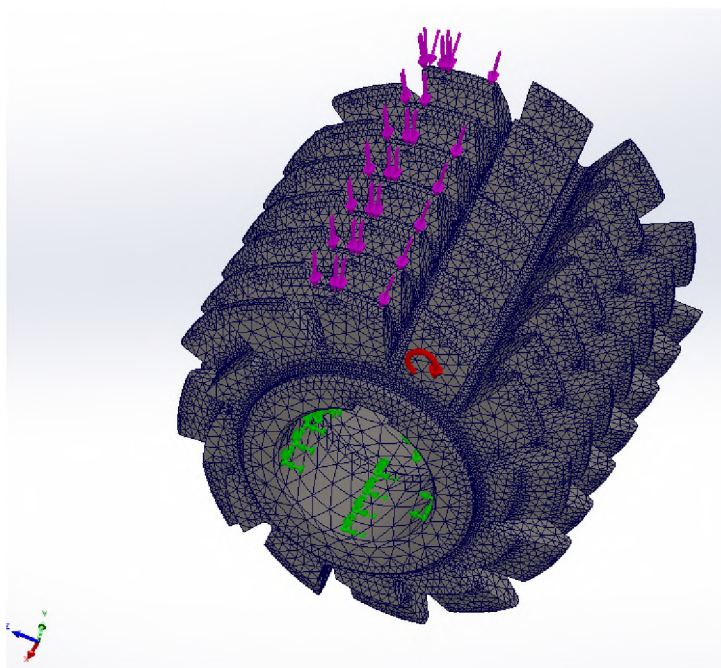


Рисунок 4.3 – Кінцеві елементи розраховані для інструменту

У симуляції «Напруження» ми аналізуємо тиск у різальній частині інструменту та його вплив на геометрію фрези. У симуляції «Переміщення» ми спостерігаємо зсув ріжучої кромки. У симуляції «Деформація» ми вивчаємо можливі деформації ріжучої частини в зонах, які піддаються силовим навантаженням під час різання.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Имя модели: Фреза1
 Название исследования: Статичний(-По умолчанию-)
 Тип эпюры: Статический узловое напряжение Напряжение1
 Шкала деформации: 638,195

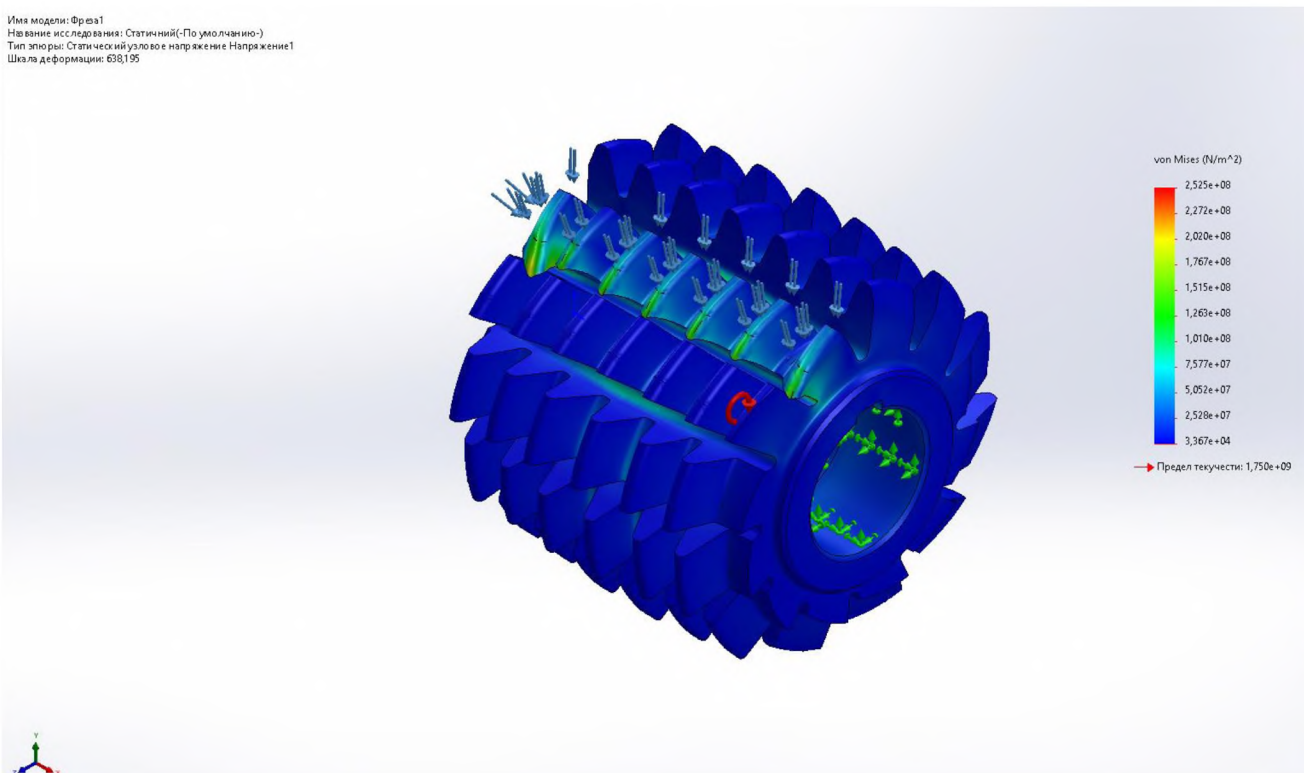


Рисунок 4.4 – Епюри розрахунку дослідження «Напруження» в SolidWorks Simulation

Имя модели: Фреза1
 Название исследования: Статичний(-По умолчанию-)
 Тип эпюры: Статическое перемещение Перемещение1
 Шкала деформации: 638,195

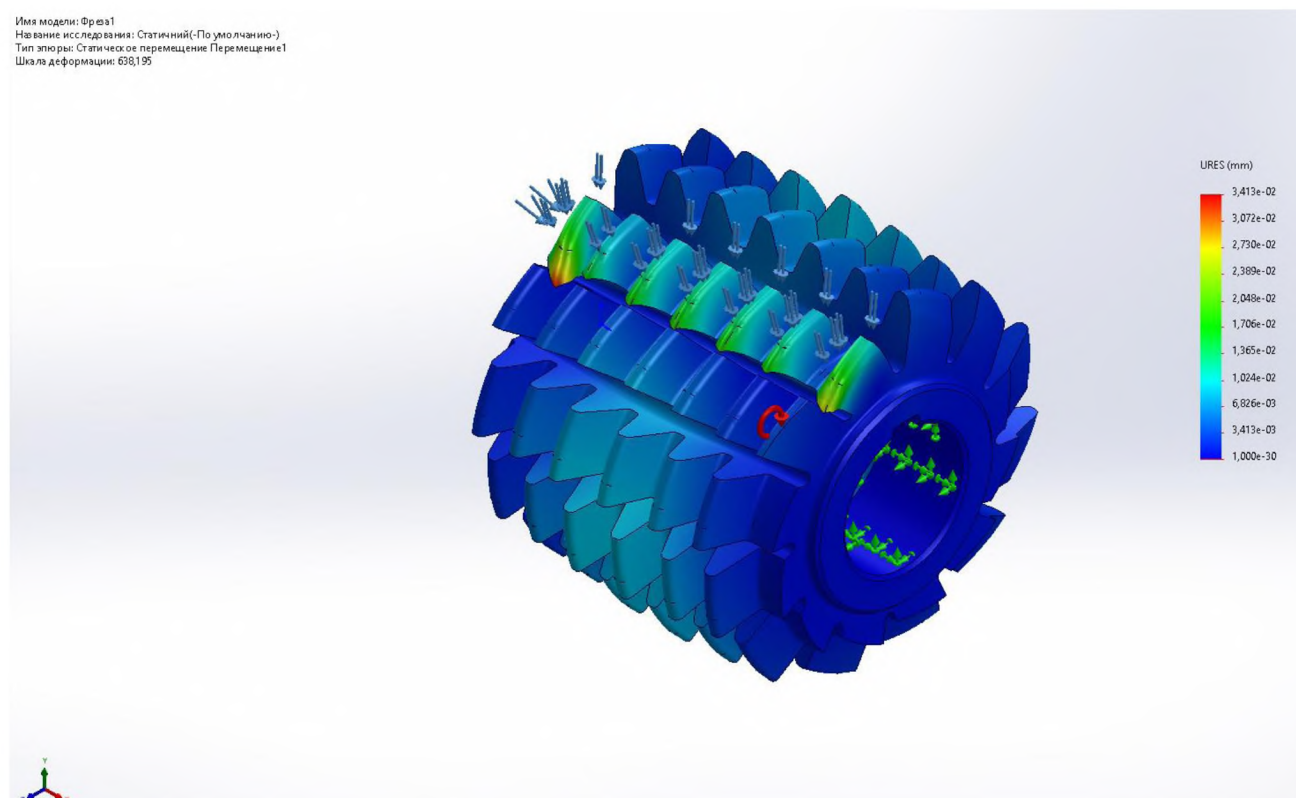


Рисунок 4.5 – Епюри розрахунку дослідження «Переміщення» в SolidWorks Simulation

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.2-04.04.ПІАРІ

Арк.

Имя модели: Фреза1
 Название исследования: Статичный(-По умолчанию-)
 Тип эпюры: Статическая деформация Деформация1
 Шкала деформации: 638,195

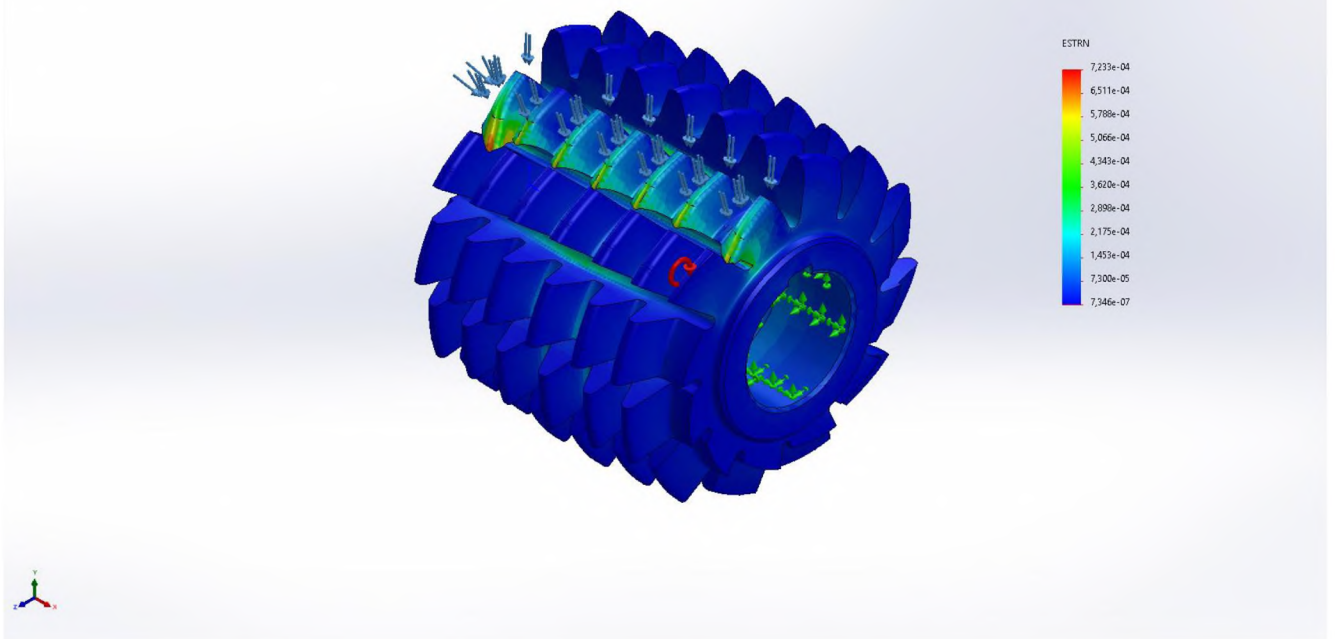


Рисунок 4.6 – Епюри розрахунку дослідження «Деформація» в SolidWorks Simulation

На рисунку 4.7 ми можемо бачити «Переміщення» черв'ячної фрези, а саме деформовану форму.

Имя модели: Фреза1
 Название исследования: Статичный(-По умолчанию-)
 Тип эпюры: Деформированная форма Перемещение1 (1)
 Шкала деформации: 638,195

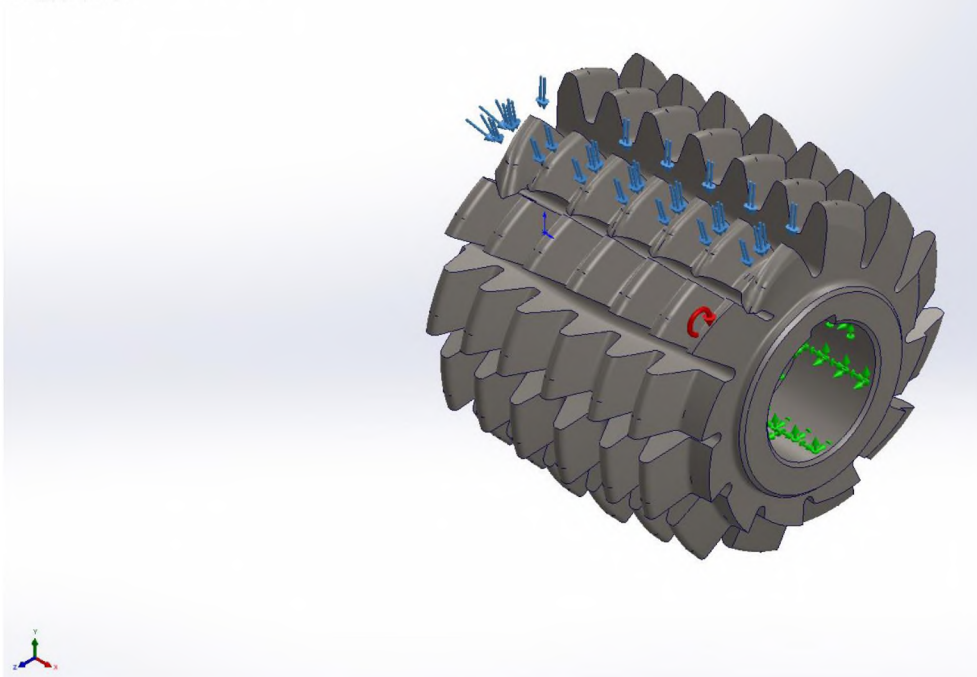


Рисунок 4.6 – Епюри розрахунку дослідження «Переміщення» в SolidWorks Simulation

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Отже, на основі цих симуляцій ми можемо визначити вразливі місця черв'ячної фрези. У цьому випадку найбільш вразливою є кромка. Для запобігання цим вразливим місцям рекомендується проводити додаткові дослідження зі збіжністю сітки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.04.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

Ми маємо намір розробити програмне забезпечення для керування токарним процесом, що буде використовуватися на токарно-фрезерному обробному центрі з ЧПК TRENDS SBL 700 CNC. Даний верстат був детально описаний у другому розділі, де подано загальний огляд і технічні характеристики. Управління цим верстатом здійснюється за допомогою системи числового керування SIEMENS 828D SolutionLine.

Система числового програмного керування (CNC) SIEMENS 828D SolutionLine - це потужна та надійна платформа, призначена для управління верстатами з числовим керуванням, зокрема токарними та фрезерними верстатами. Ось деякі з технічних характеристик та особливостей цієї системи:

1. Програмне забезпечення: SIEMENS 828D SolutionLine використовує оперативну систему SINUMERIK Operate, яка забезпечує зручний інтерфейс для програмування та керування верстатом.

2. Можливості програмування: Система підтримує різноманітні мови програмування, включаючи ISO, G-Code та SINUMERIK-ShopTurn / ShopMill для токарних та фрезерних операцій відповідно.

3. Точність і продуктивність: SIEMENS 828D SolutionLine забезпечує високу точність обробки завдяки своїм продуманим контрольним системам, що дозволяє отримувати високоякісні деталі.

4. Інтеграція з CAD/CAM системами: Вона підтримує інтеграцію з різними CAD/CAM системами, що дозволяє зручно програмувати верстати та виконувати складні операції обробки.

5. Ергономіка та зручність в експлуатації: SIEMENS 828D SolutionLine має інтуїтивний інтерфейс, що спрощує налаштування та керування верстатом, що полегшує роботу оператора.

6. Додаткові функції: Вона може мати різні додаткові функції, такі як підтримка автоматичного змінювача інструментів (АТС), системи вимірювання деталей, системи охолодження тощо.

7. Модульність: SIEMENS 828D SolutionLine може бути легко розширена та адаптована до потреб конкретного верстату або виробничого процесу.

Ця система CNC є популярним вибором для виробництва в різних галузях завдяки своїй надійності, продуктивності та зручності в експлуатації.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.05.МПМО</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Маскалець</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>						

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Враховуючи характеристики верстату і системи ЧПК, а також застосовуючи відповідний інструмент для металорізання, ми проведемо моделювання у програмному забезпеченні Autodesk Feature CAM. В результаті цього процесу буде створена готова керуюча програма. Усі етапи розробки та моделювання показані на зображеннях 5.1-5.7.

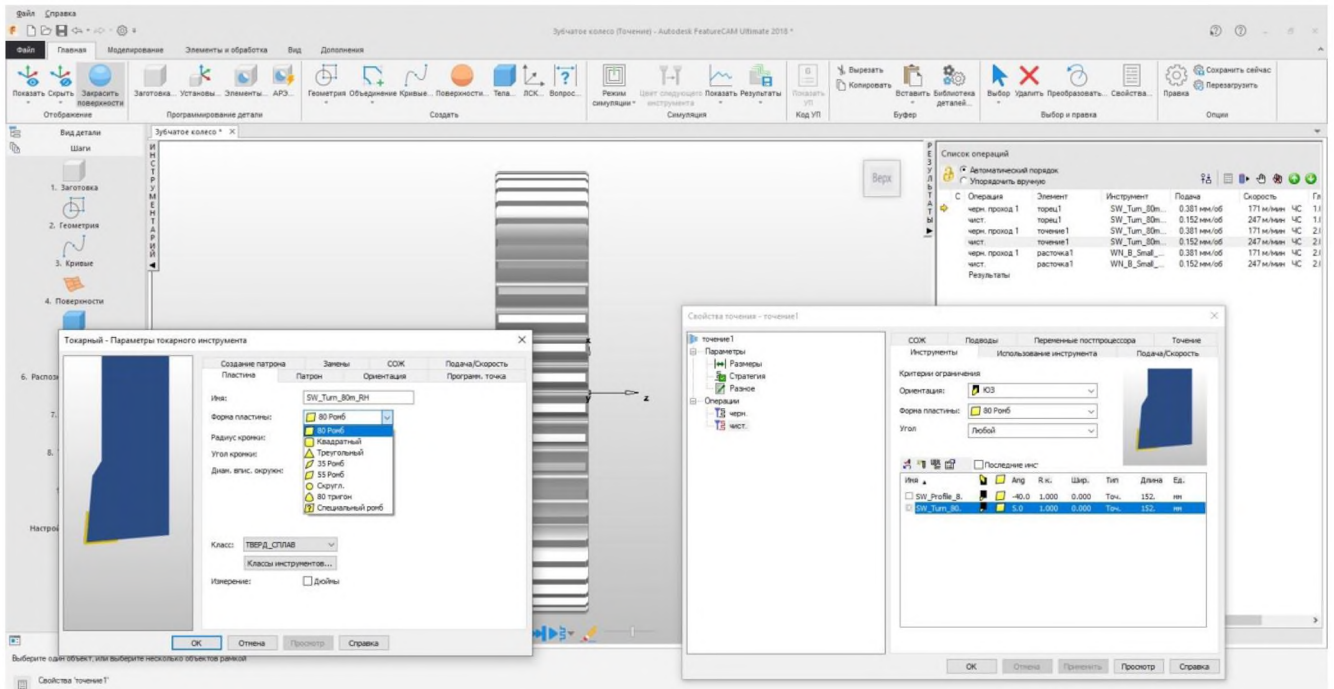


Рисунок 5.1 – Вибір параметрів металорізального інструменту для обробки деталі «Шестерня паразитна» в Feature CAM

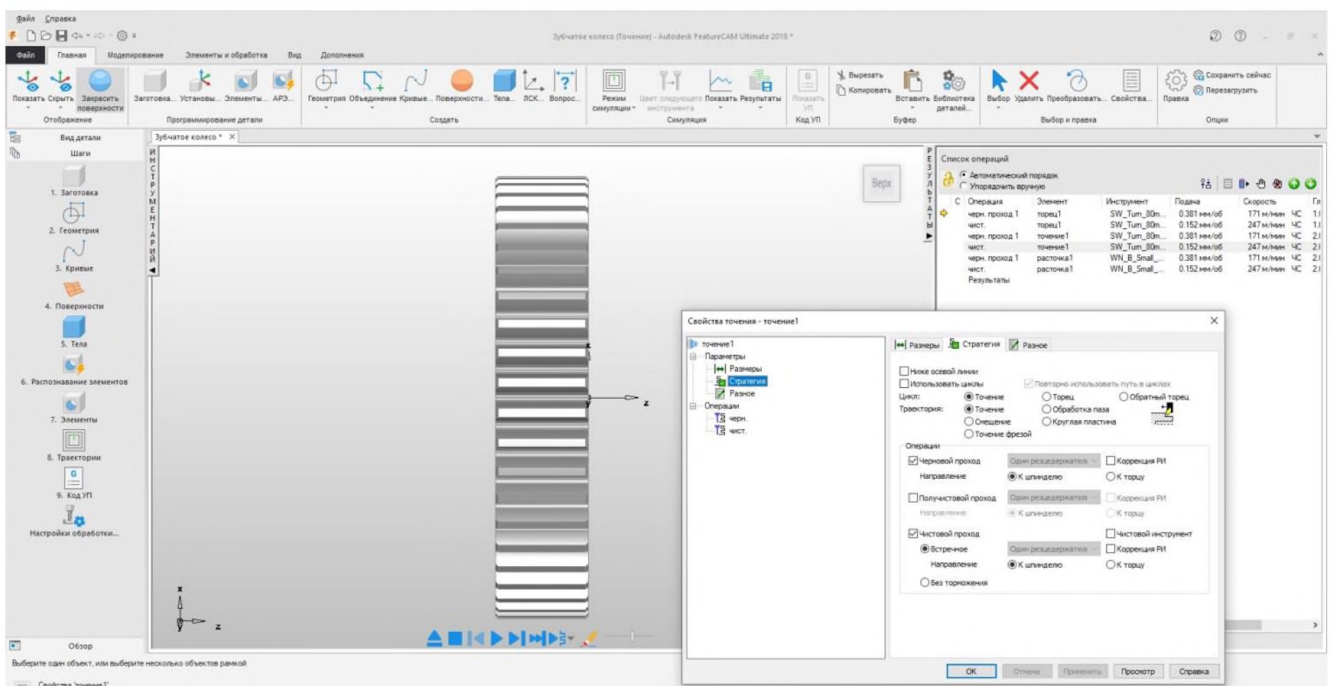


Рисунок 5.2 – Вікно вводу параметрів стратегії обробки заданої деталі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУКБР.131.24.2-04.05.МПОМО

Арк.

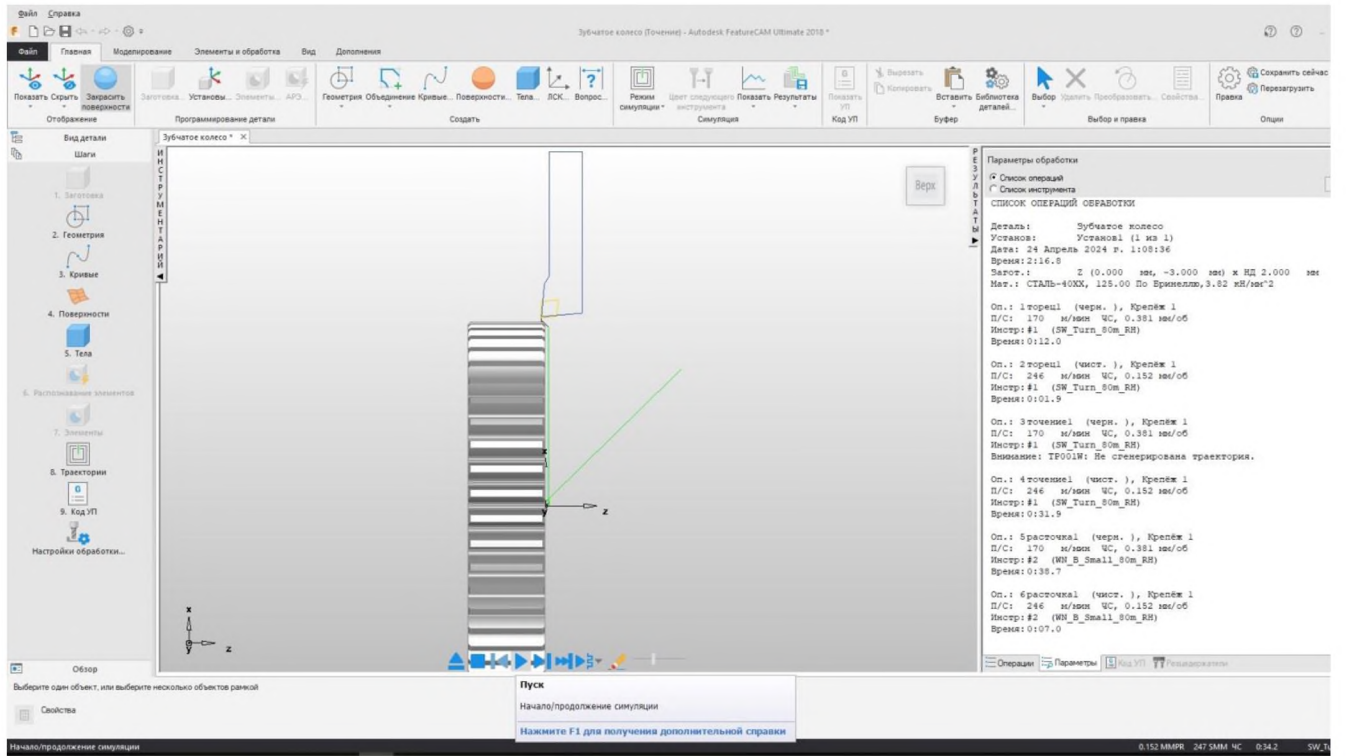


Рисунок 5.3 – Обработка детали «Шестерня паразитна» – точиння цилиндричної поверхні

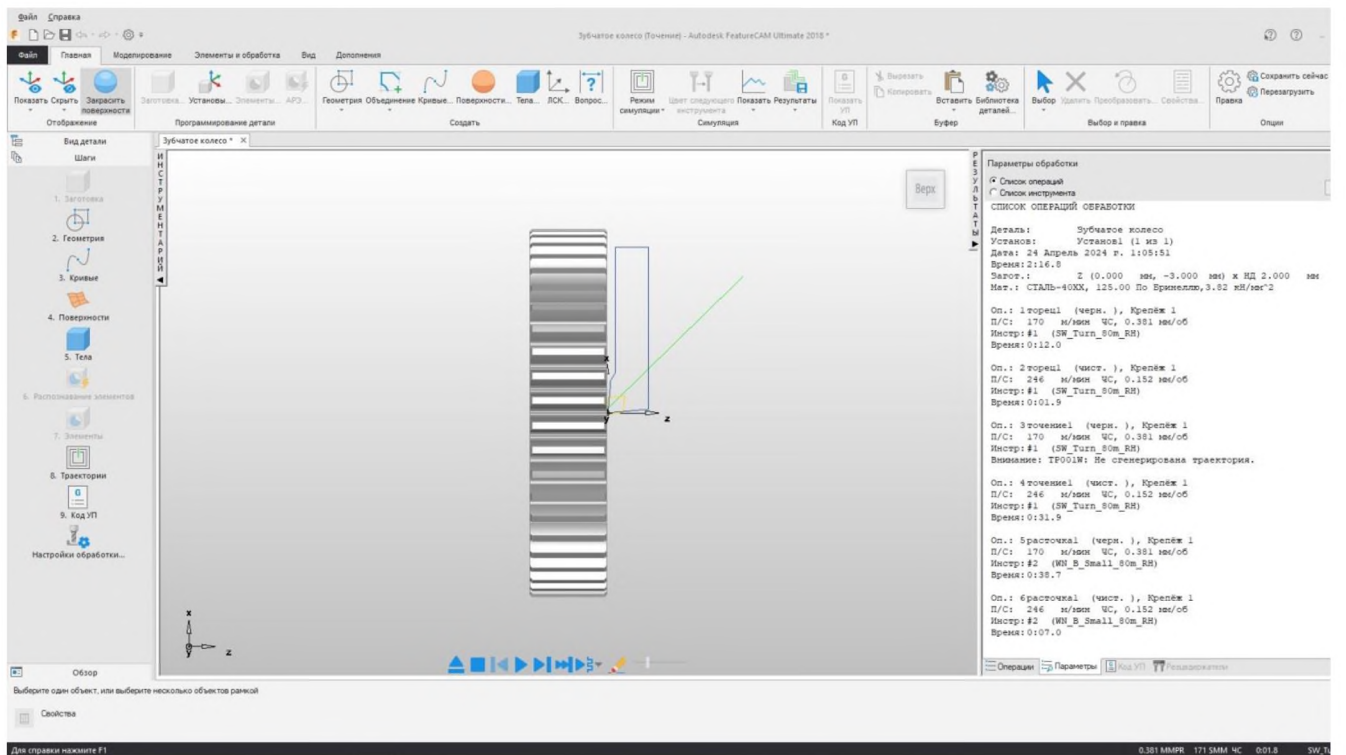


Рисунок 5.4 – Обработка детали «Шестерня паразитна» – підрізання торця

					<i>КНУКБР.131.24.2-04.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

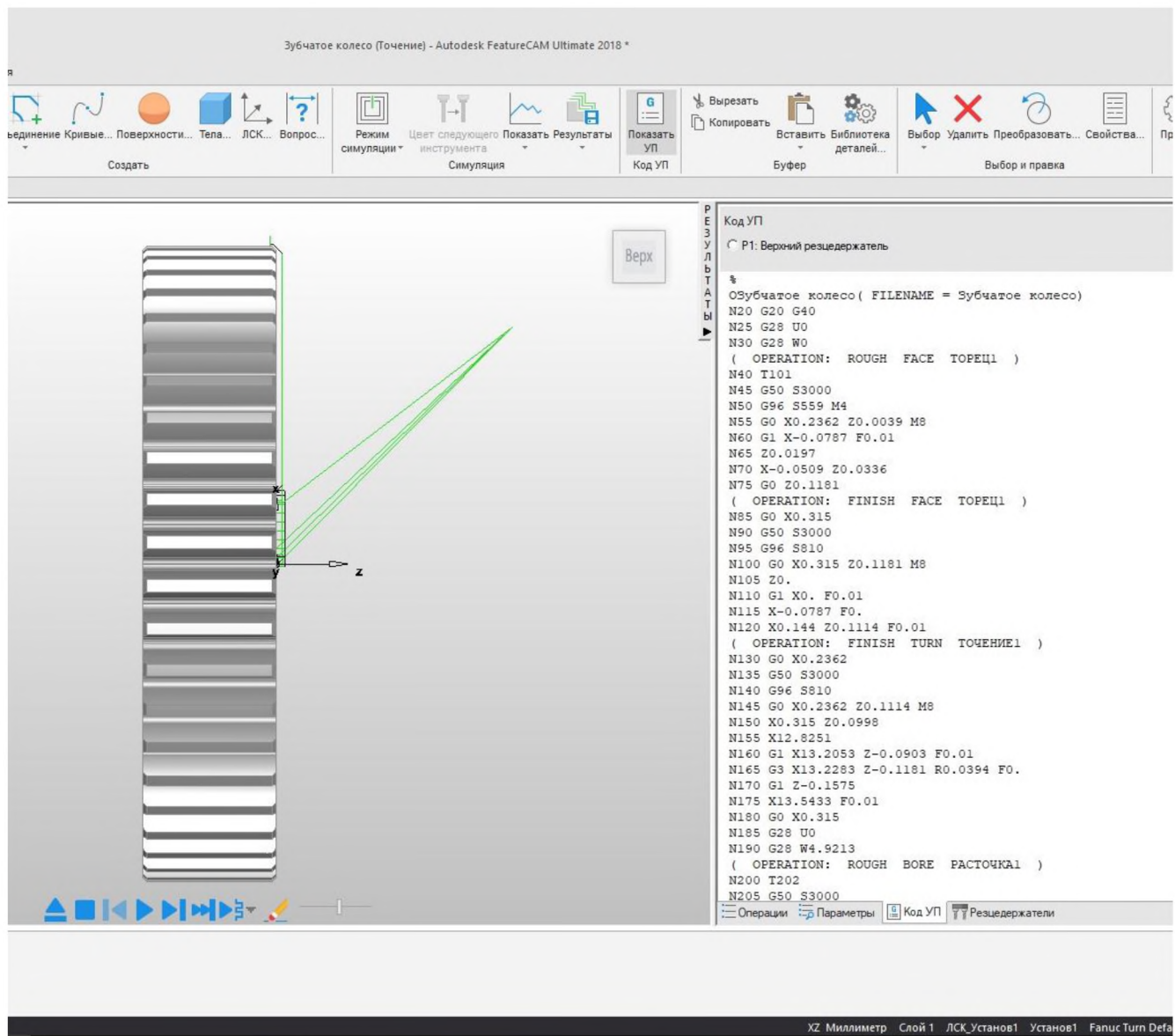


Рисунок 5.7 – Деталь «Шестерня паразитна» з траєкторією обробки та фрагментом керуючої програми

					<i>КНУКБР.131.24.2-04.05.МПМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо порівняльний аналіз економічних показників двох альтернативних маршрутів технологічного процесу для виготовлення деталі за допомогою програмного забезпечення "Economical Linksmoon".

Згідно зі стандартним технологічним процесом виробництва на підприємстві для обробки деталей на токарних верстатах використовуються застарілі моделі 16К20 та 16К30Ф3. Проте у вдосконаленому технологічному процесі пропонується замінити ці верстати на більш продуктивний токарно-фрезерний обробний центр з ЧПК TRENS SBL 700 CNC. Результати аналізу представлено на відповідних схемах 6.1-6.4.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		1000	1000
Штучное время обработки детали, мин		86	54
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
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			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		3955	3955
Коэффициент загрузки станка		0.8	0.88
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		379000	4178000
Масса станка, т			
		11	11

Рисунок 6.1 – Данні для розрахунку 1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.2-04.06.0ЕПВ			
Розроб.		Маскалець			організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. Контр.		Рязанцев				Каф. ТМ, гр. ПМ-21ск		
Зав. каф.		Нечаєв						

Рисунок 6.4 – Кінцеві результати

Основаючись на розрахунках, очевидно, що заміна двох універсальних верстатів на верстати з числово-програмованим керуванням (ЧПК) є економічно обґрунтованою. Це доводиться тим, що строк окупності складає лише 3.22 роки.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Машинобудівний сектор, що включає важке, енергетичне, транспортне виробництво, верстато-інструментальну сферу, автомобільну і тракторну промисловість, електротехнічне виробництво, приладобудування, нафтову галузь, будівельне і комунальне машинобудування, стоїть у вершині промислового розвитку. Його підприємства головним чином розташовані у великих містах України, де є доступ до кваліфікованих кадрів та розвиненої інфраструктури.

В машинобудівній галузі надзвичайно швидко впроваджуються нові види продукції. У середньому за рік створюється близько 3 тисяч нових продуктів, що втричі перевищує відповідні показники всіх інших галузей промисловості разом узятих. Із кожним новим продуктом пов'язана своя технологія виробництва, що може призводити до утворення специфічних забруднень навколишнього середовища. Тому екологічні аспекти діяльності машинобудівних підприємств потребують особливої уваги, особливо враховуючи їхнє розташування у великих містах, де їхні викиди негативно впливають на здоров'я мешканців.

Основними джерелами забруднення атмосфери є ливарні процеси, механічна обробка, зварювання і фарбування. У машинобудівній галузі частка викидів у повітря становить близько 6% від загальної кількості промислових викидів в Україні.

Видобуток забруднюючих речовин у секторі машинобудування (56,5%) істотно нижчий, ніж усереднений показник для промисловості України (79,2%). Найбільшу частку становлять тверді речовини (83%). Уловлення діоксиду сірки та оксидів азоту на дуже низькому рівні (відповідно 0,6% та 4,0%).

Викиди підприємств машинобудівного сектору характеризуються вмістом оксиду вуглецю (36,9%), діоксиду сірки (22,1%), різних типів пилу та

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Машинобудування забруднює водні ресурси в результаті скиду стічних вод від травильних та гальванічних цехів. Серед забруднень у цих стічних водах значна кількість нафтопродуктів, сульфатів, хлоридів, ціанідів, сполук азоту, солей заліза, міді, цинку, нікелю, хрому, молібдену, фосфору та кадмію.

Машинобудівна галузь використовує приблизно 7% прісної води, яка використовується в промисловості України, і скидає приблизно 20% від загального обсягу промислових стічних вод у водні об'єкти. Щодо обсягу скидання забруднених стічних вод, внесок машинобудівної галузі оцінюється лише на рівні загального обсягу скидання стічних вод цієї категорії в промисловості України.

					<i>КНУКБР.131.24.2-04.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Для підготовки конструкторсько-технологічного процесу було вибрано деталь «Шестерня паразитна», яка входить до складу газорозподільчого механізму. Оскільки деталь має шпонковий паз, було проведено розрахунок точності шпонкового з'єднання.

Креслення було адаптовано до відповідних стандартів, зазначено всі поверхні та надано рекомендації для їх обробки на верстатах. Технічне обладнання, зокрема, верстати, було відібрано для цієї мети. Для кожної операції були визначені різальні інструменти та їх параметри, а також вибрано допоміжні інструменти для з'єднання з верстатом.

Було розроблено інструментальне налагодження для зубофрезерної операції на верстаті. Окрім стандартного різального інструменту, було створено спеціальний інструмент – черв'ячну фрезу для утворення евольвентного зубчастого вінця деталі. Були розраховані геометричні та габаритні параметри цього інструменту і проведено моделювання в програмі SolidWorks для оцінки його ефективності.

Розроблено керуючу програму для токарної операції на токарно-фрезерному обробному центрі з ЧПК TRENS SBL 700 CNC, використовуючи програмний продукт Autodesk Feature CAM. Проведено розрахунок техніко-економічної ефективності впровадження верстатів з ЧПК замість універсальних верстатів, а саме, використання токарно-фрезерного верстата для обробки заготовок замість окремих токарних та фрезерних операцій.

Також були проаналізовані методи очищення стічних вод машинобудівних підприємств.

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Маскалець</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-21ск</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. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.

3. Каталог інструментів фірми SECO: «Токарная обработка», 2008р.

4. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.

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

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

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

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

9. 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.

10. 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.

11. 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.

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

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04.СВД</i>					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>					
Розроб.		<i>Маскалець</i>						Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Нечаєв</i>								
Реценз.										
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21ск</i>		
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>								

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КБР.131.24.2-04Д</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Москалець</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>Каф. ТМ, зр. ПМ-21ск</i>			

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-21ск

(підпис)

Москалець С.М.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

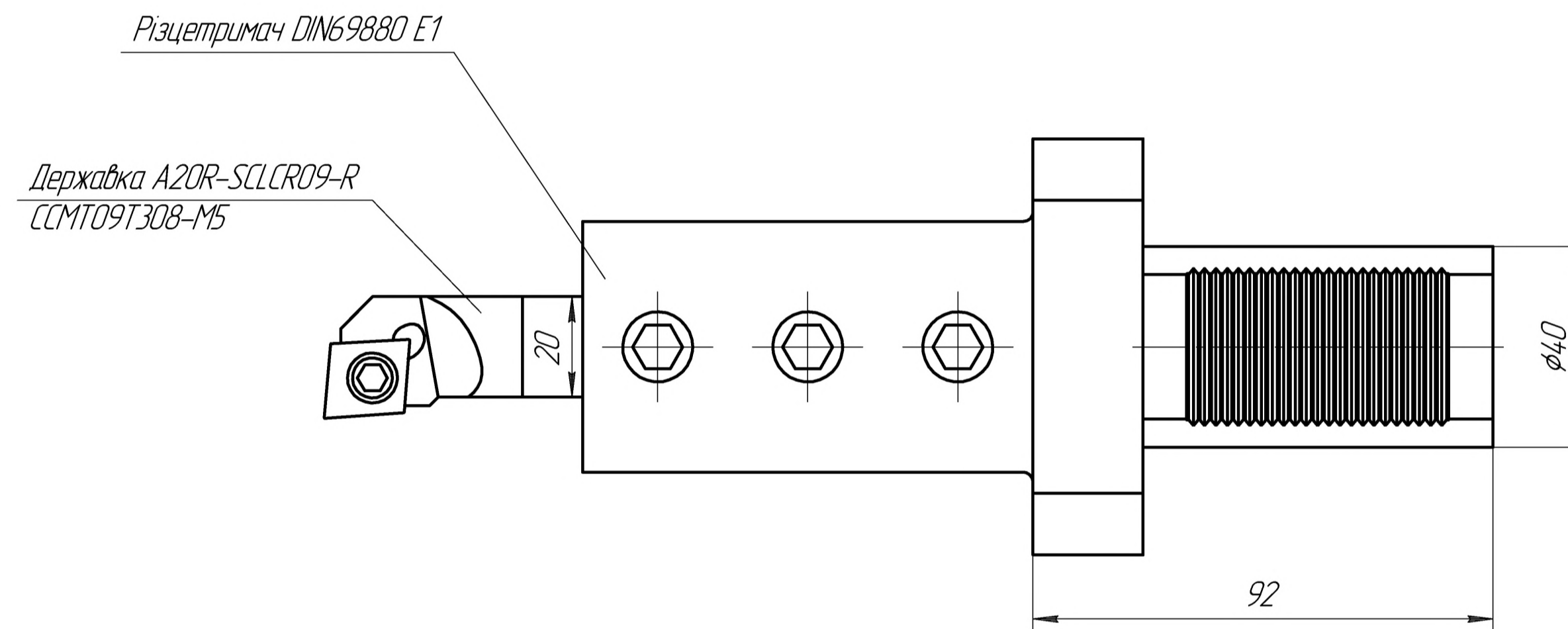
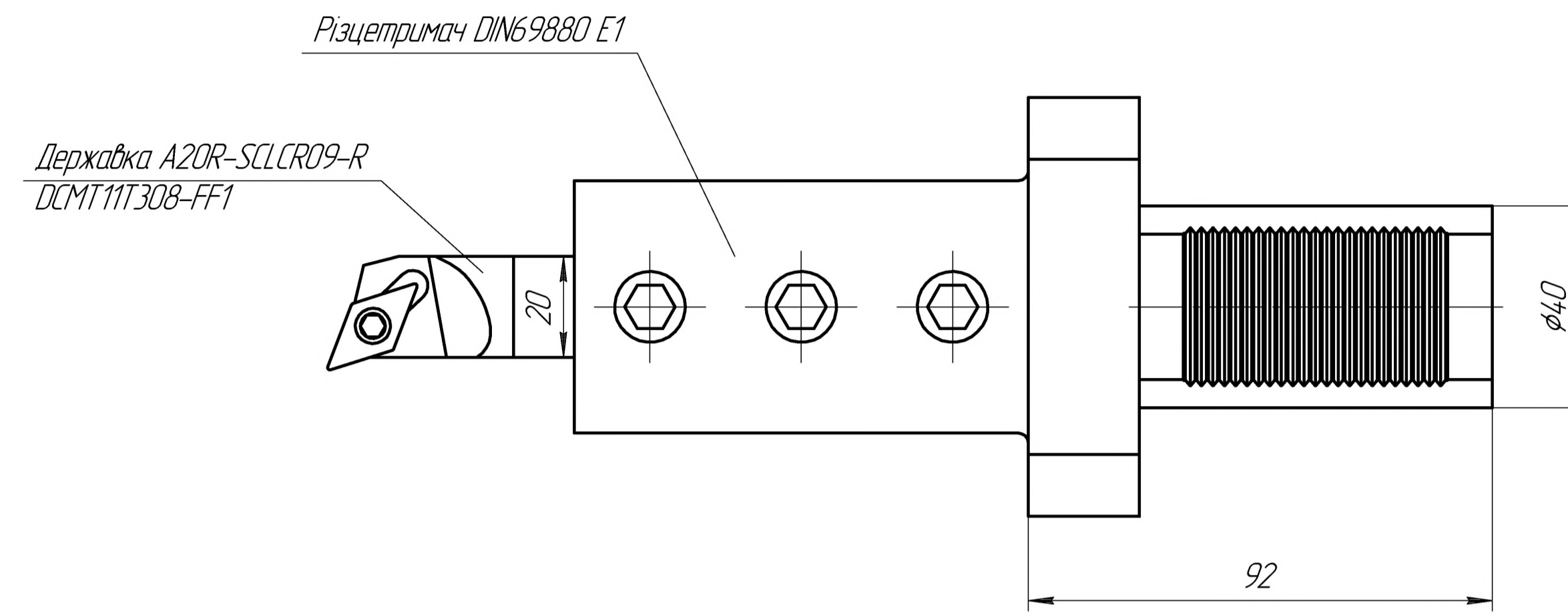
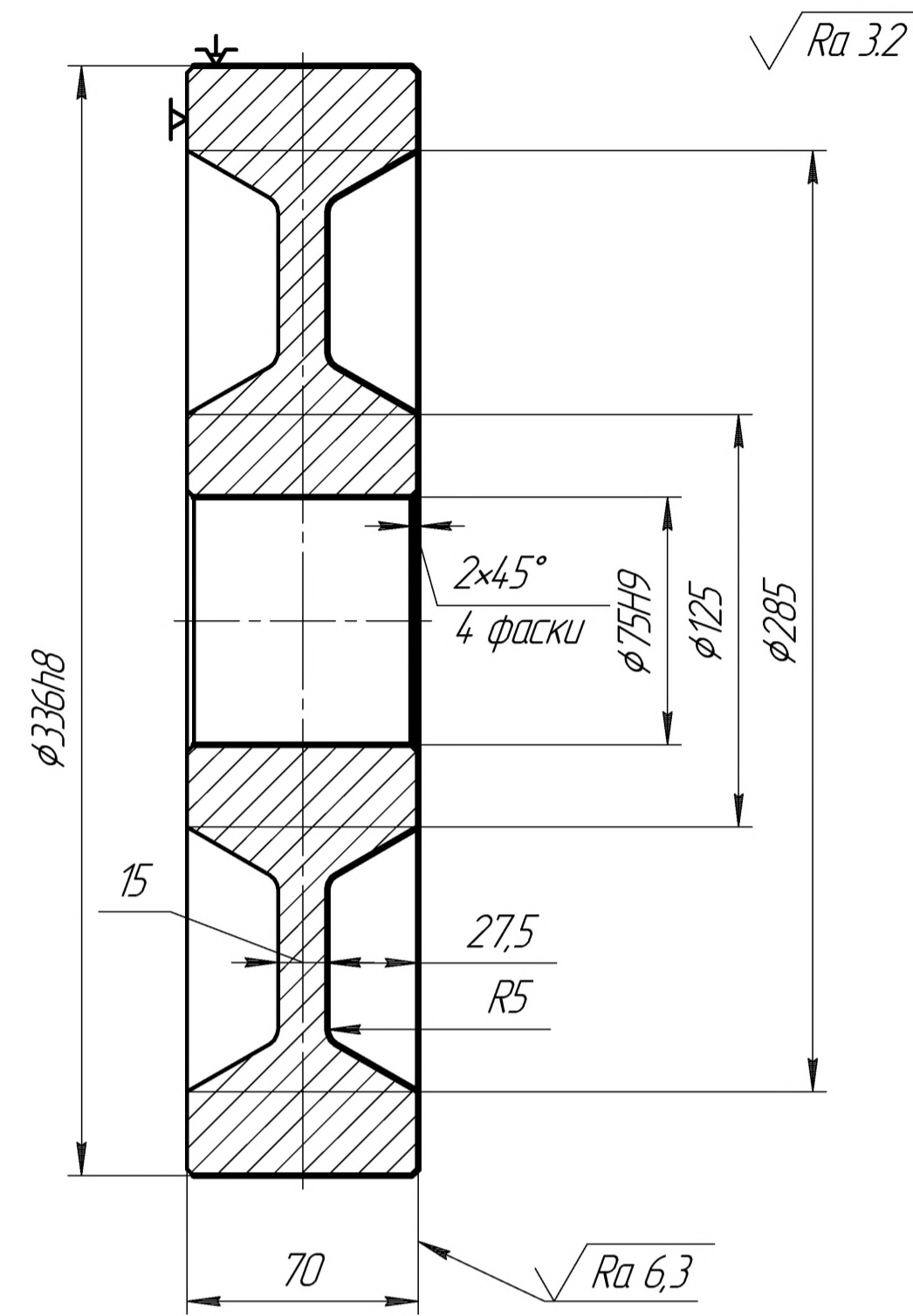
Нечаєв В.П.

Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Креслення		
A3		1	КНУ.КБР.131.24.2-04.ШП	Шестерня паразитна	1	
A1		2	КНУ.КБР.131.24.2-04.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A1		3	КНУ.КБР.131.24.2-04.ФЧ	Фреза черв'ячна	1	
A3		4	КНУ.КБР.131.24.2-04.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.2-04.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	

Перв. примен.	Справ. №	Подп. и дата	Инд. № дѣл.	Взам. инв. №	Подп. и дата
---------------	----------	--------------	-------------	--------------	--------------

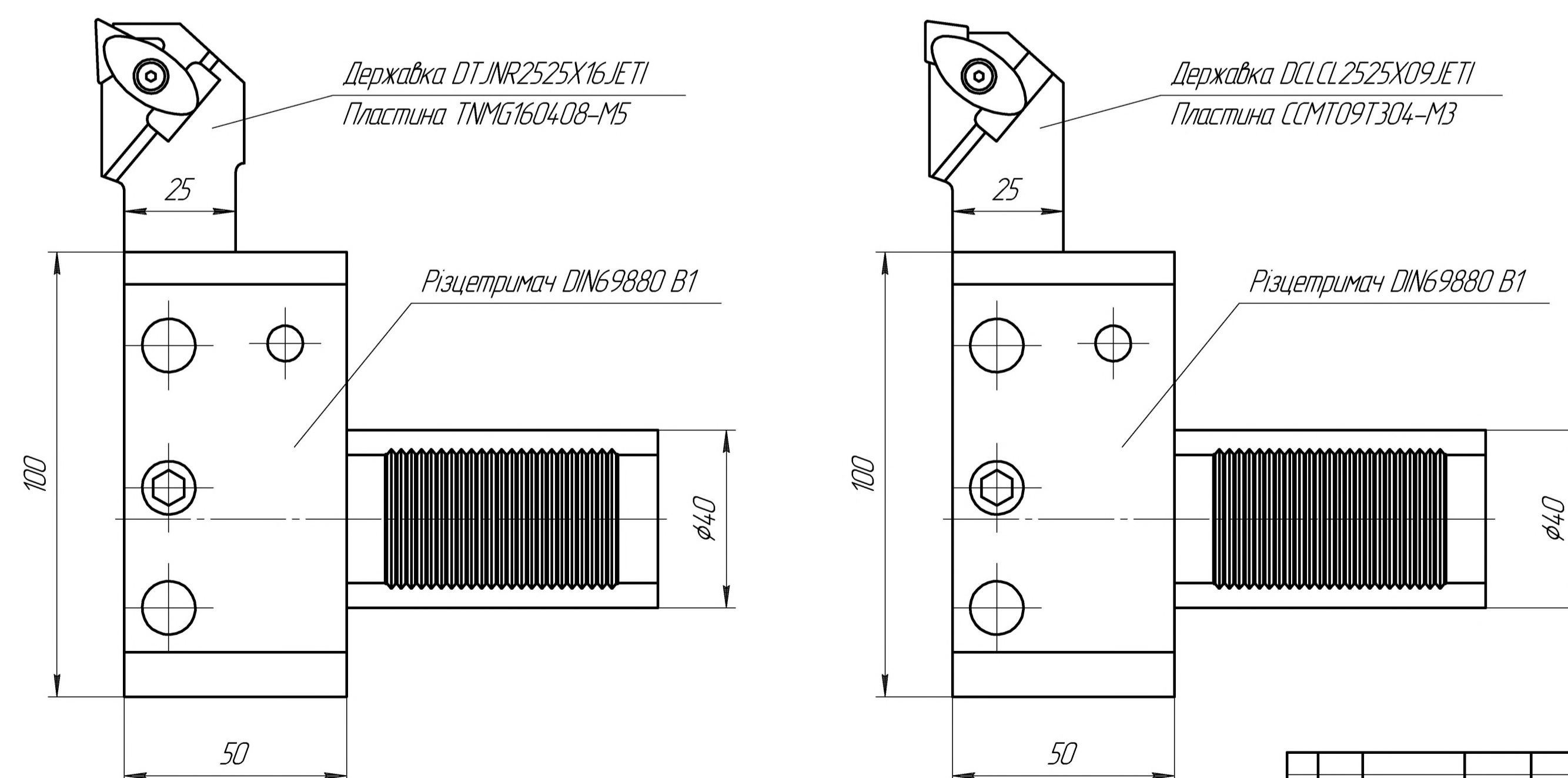
КНУ.КБР.131.24.2-04.ВЕД					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.	Москалец				
Проб.	Нечаев				
Н.контр.	Рязанцев				
Утв.	Нечаев				
Відомість електронних документів КБР			Лит.	Лист	Листов
			Н		1
			Кафедра ТМ гр. ПМ-21ск		

Операція токарна з ЧПК, верстат моделі Trens SBL 700 CNC

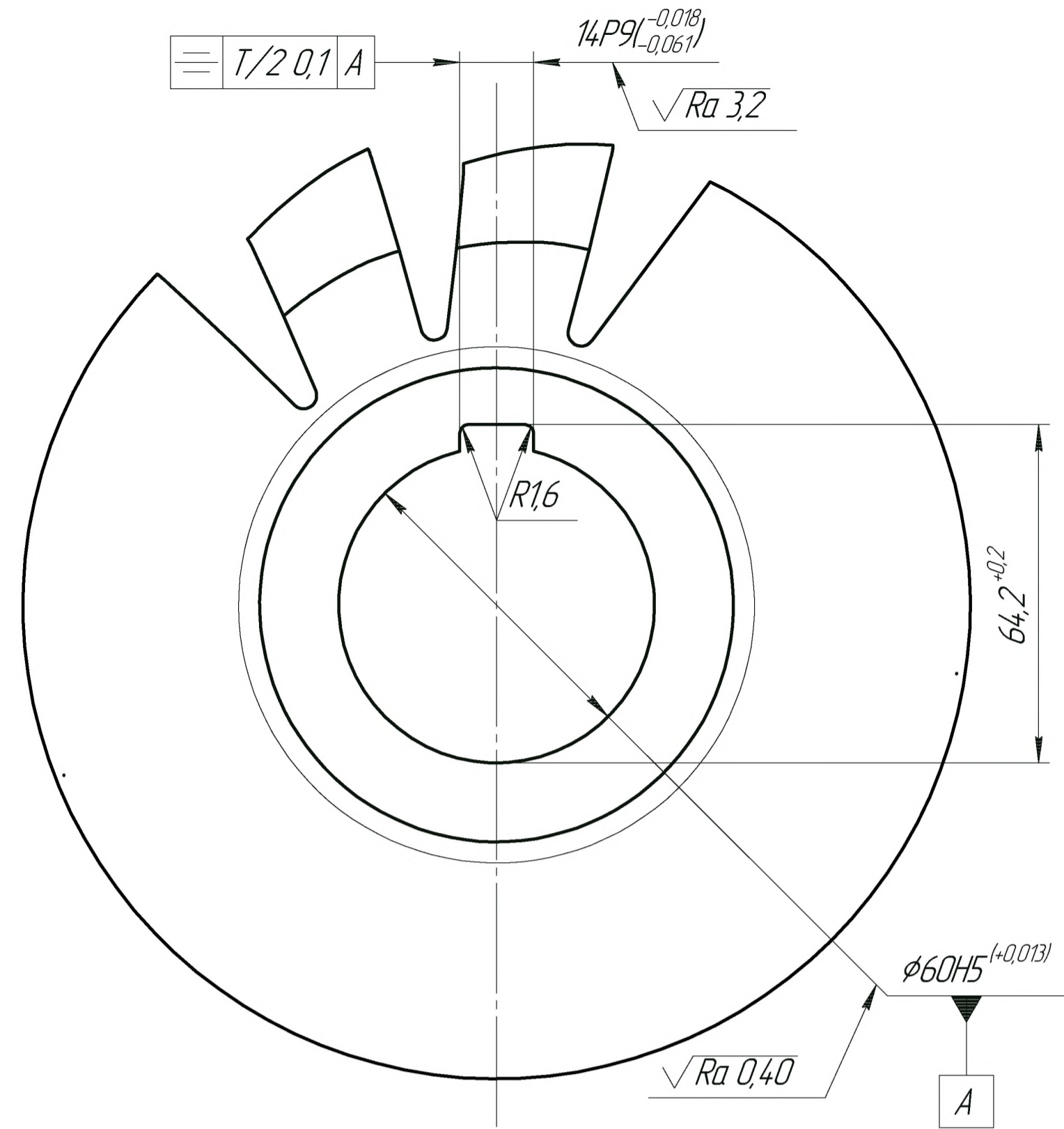
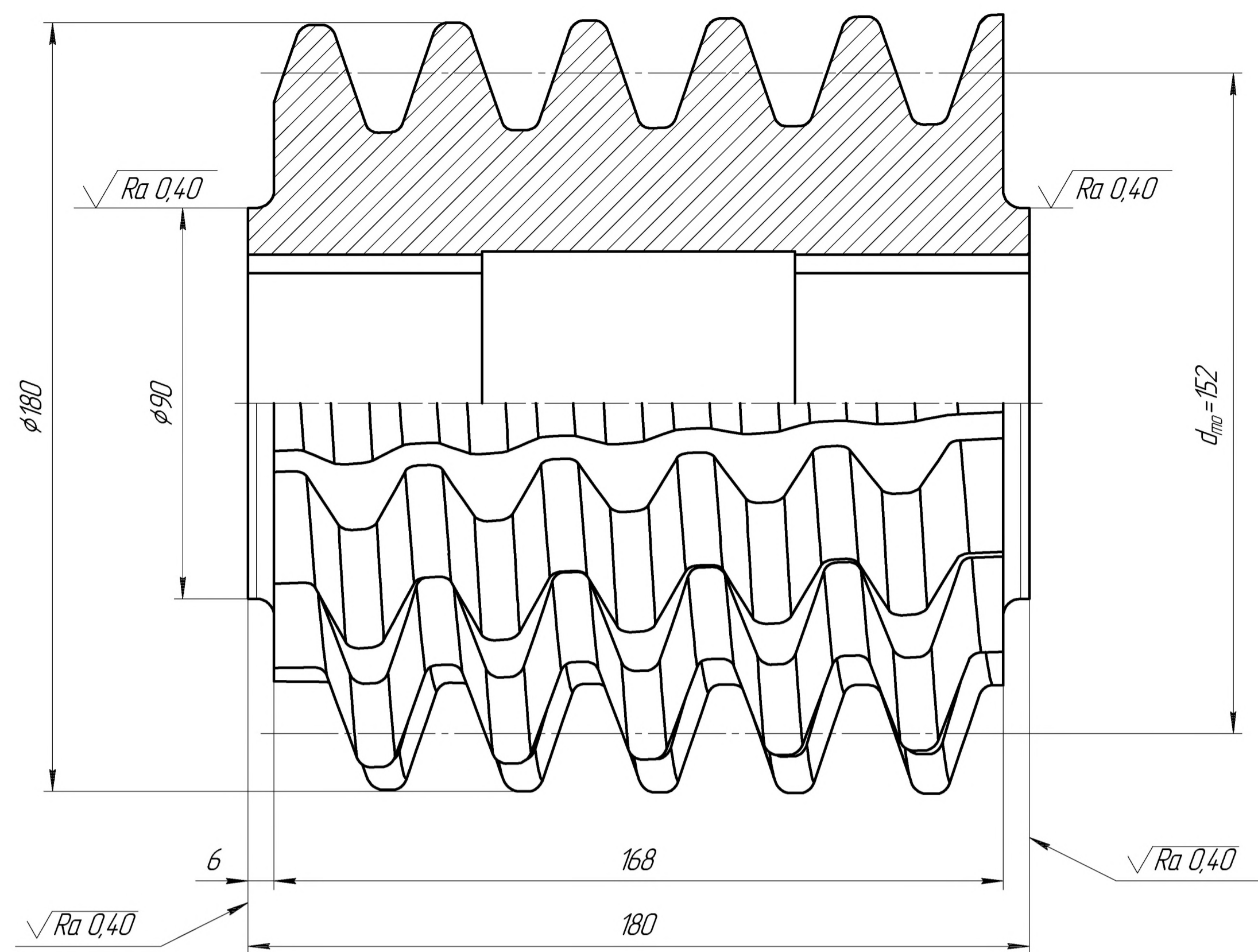


Інструментальний комплекс

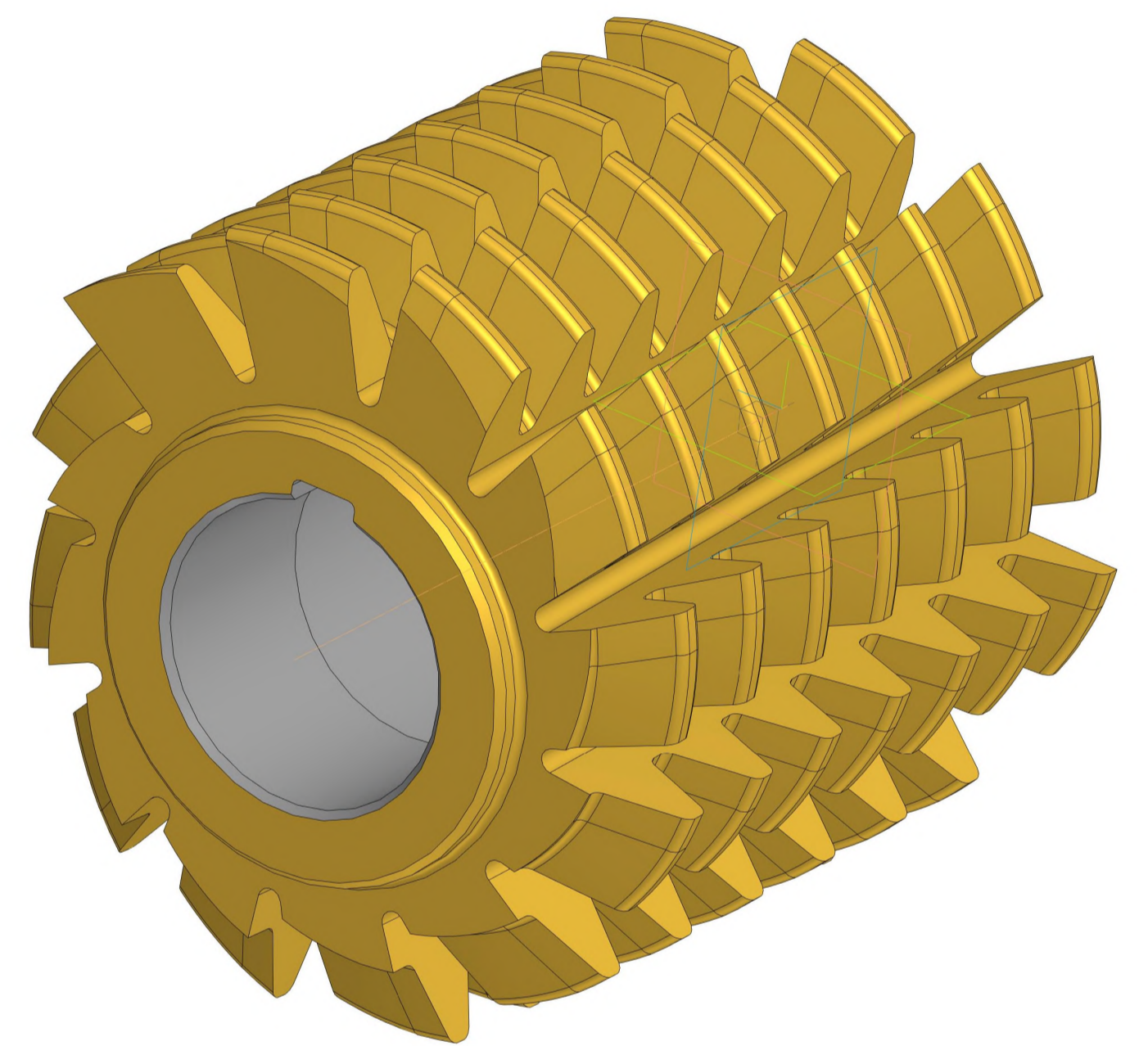
Інструмент	Пластина (геометрія)	Матеріал пластини	Допоміжний інструмент
Прохідний різець DTJNR2525X16JET1	TNMG160408-M5 	TP3501 	Різцетримач DIN 69880 B1
Прохідний різець DTJNR2525X16JET1	CCMT09T304-M3 	TP1501 	
Розточний різець A20R-SCLCR09-R	CCMT09T308-M5 	TP1501 	Різцетримач DIN 69880 E1
Розточний різець A20R-SQCLR11-R	DCMT11T308-FF1 	TP2501 	



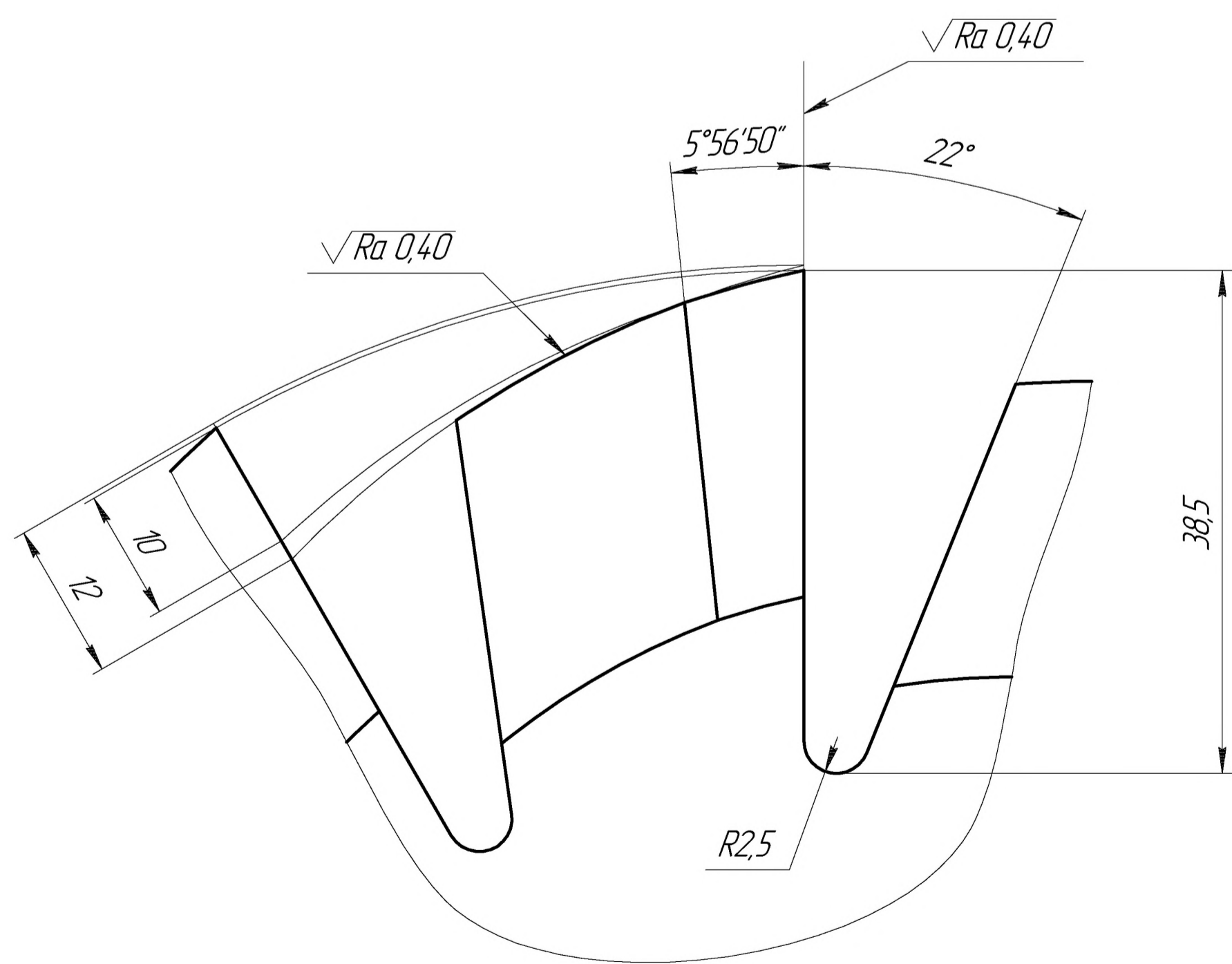
КНУКБР.13124.2-04.ВІН				Верстатно-інструментальне налагодження			Лист	Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ док.	Підпис	Дата	Н			1:1	
Розроб	Маскалець				Лист	Листів	1		
Керівник	Нечас				Кафедра ТМ гр. ПМ-21ск				
Інж.	Рязанцев								
Залі	Нечас								



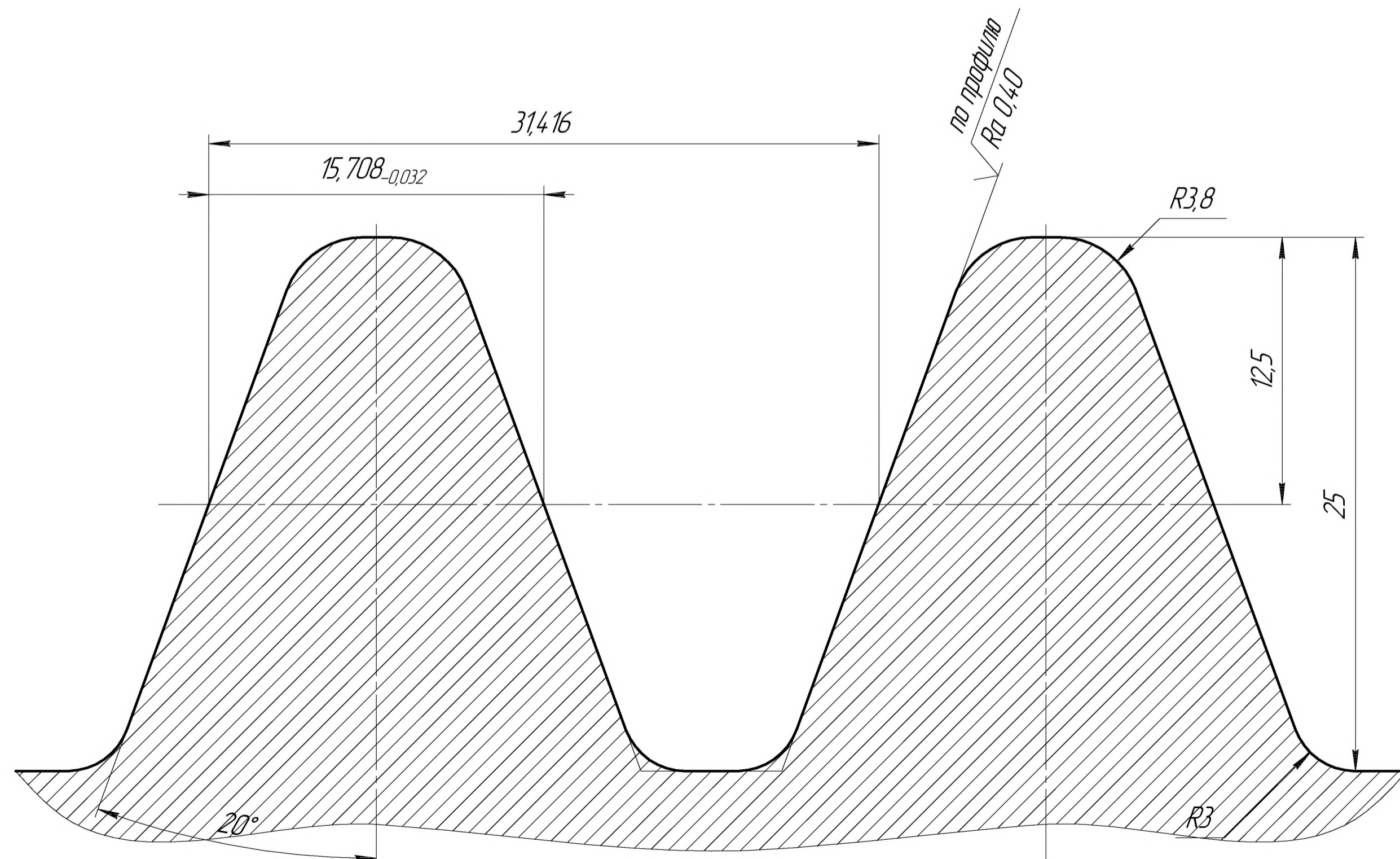
Фреза 2510-4054 АА		
Модуль	<i>m</i>	10
Число стружкових канавок	<i>z₀</i>	12
Число заходів	<i>n</i>	1
Напрямок витків фрези	-	правий
Кут підйому витка фрези на середньому розрахунковому діаметрі		3°46'
Напрямок стружкових канавок	-	ліве
Кут нахилу лінії канавки на середньому розрахунковому діаметрі		3°46'
Хід гвинтових стружкових канавок	<i>В₂₀</i>	724,3
Вихідні контури зубчастих коліс	-	ДСТУ ГОСТ 13755-2015
Клас точності	-	АА
Радіальне відття дуртиків	<i>f_y</i>	0,005
Торцьове відття дуртиків	<i>f_t</i>	0,005
Радіальне відття по вершинам зубів	<i>f_{rda}</i>	0,025
Профіль передньої поверхні	<i>f_z</i>	0,025
Різниця судівки колових країв стружкових канавок	<i>f_{wa}</i>	0,025



Зуб фрези (2,5:1)



Профіль зуба в нормальном перерізі (5:1)

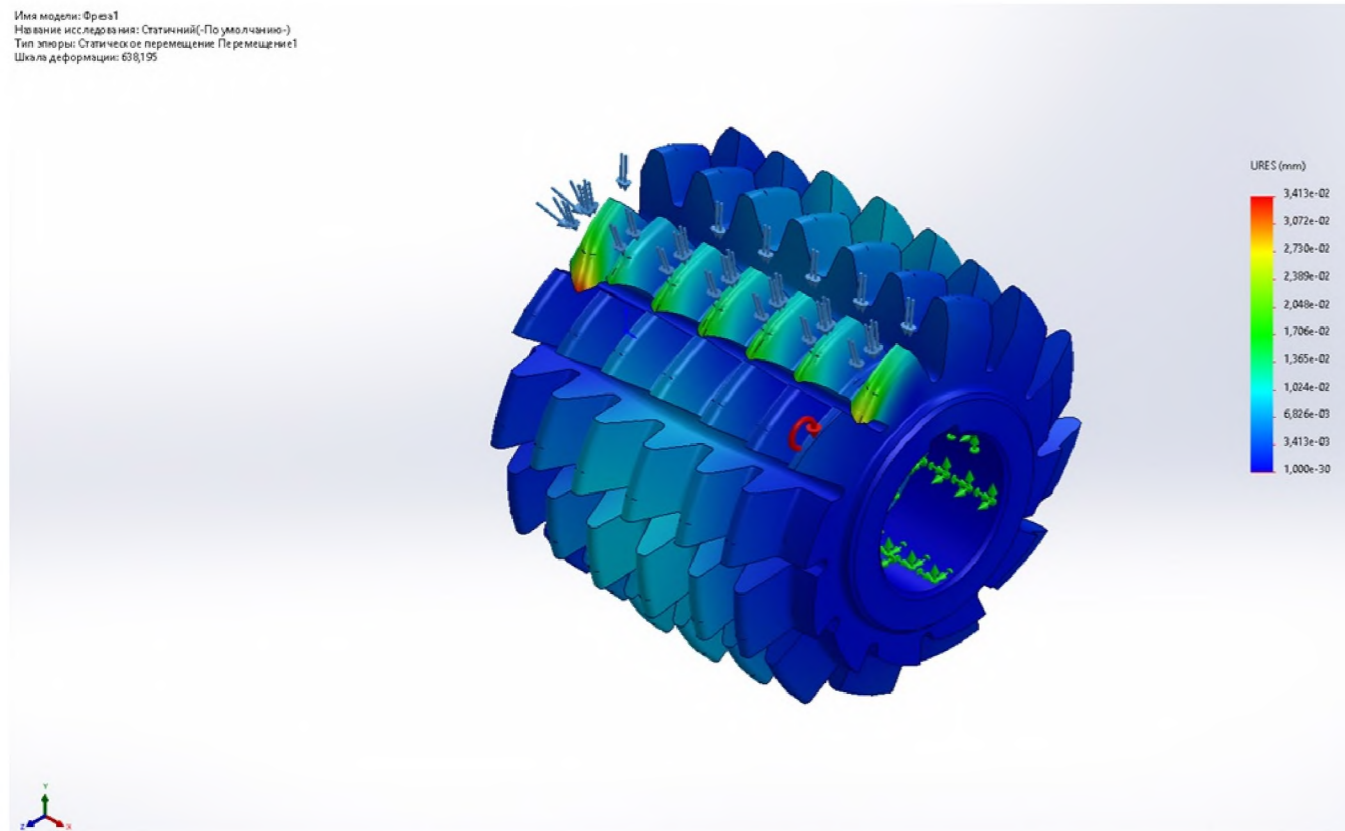


1. Твердість 63-66 HRC
2. Невказані граничні відхилення отворів H14, валів h14, та інших розмірів ± IT14
3. Маркування: модуль, клас точності, кут профілю, кут підйому витка, крок гвинтової стружочної анавки, маркування сталі, товарний знак виробництва

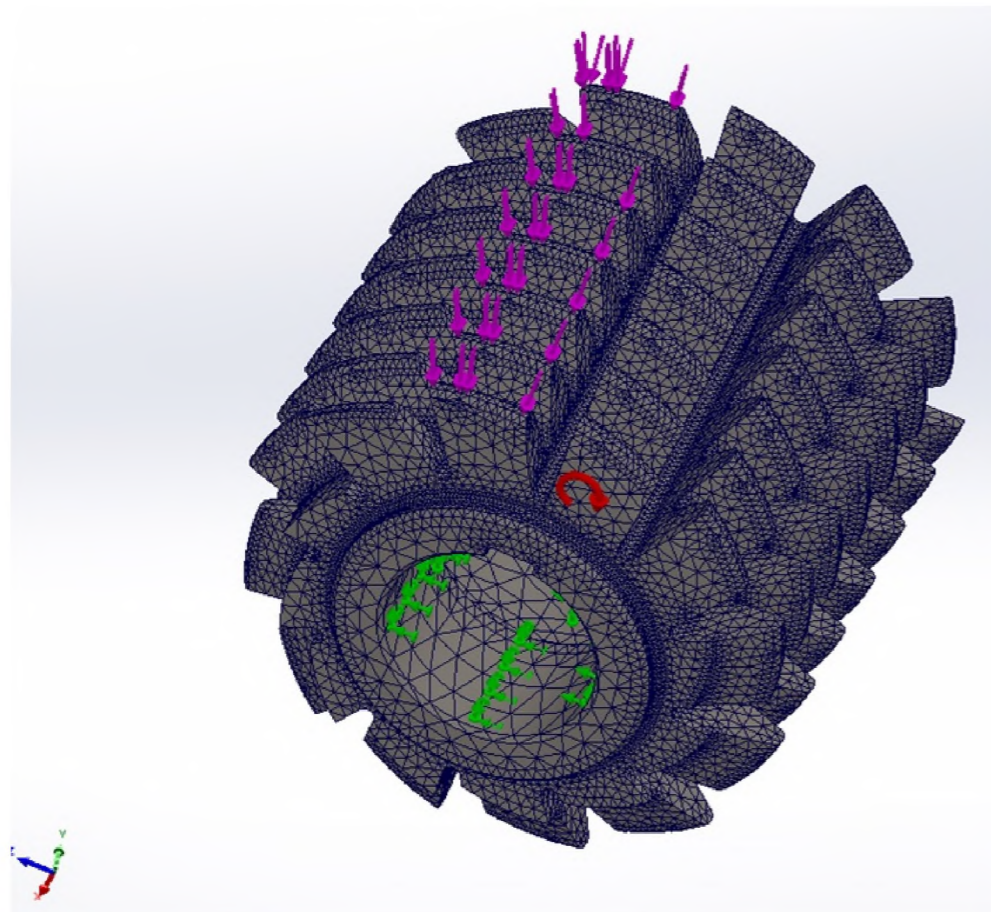
КНУКБР.13124.2-04.ФЧ				Фреза черв'ячна		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Разработчик	Маскалюк			Н	16,27	2,5:1
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1
Начальник	Рязанцев			Сталь Р6М5 ДСТУ 4738-2007		
Залі	Нечасів			Кафедра ТМ гр. ПМ-21ск		

Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation

Імя моделі: Фрез1
 Названіе дослідження: Статичний (По умовчальному)
 Тип аналізу: Статический переміщення Переміщення1
 Шкала деформації: 618,195

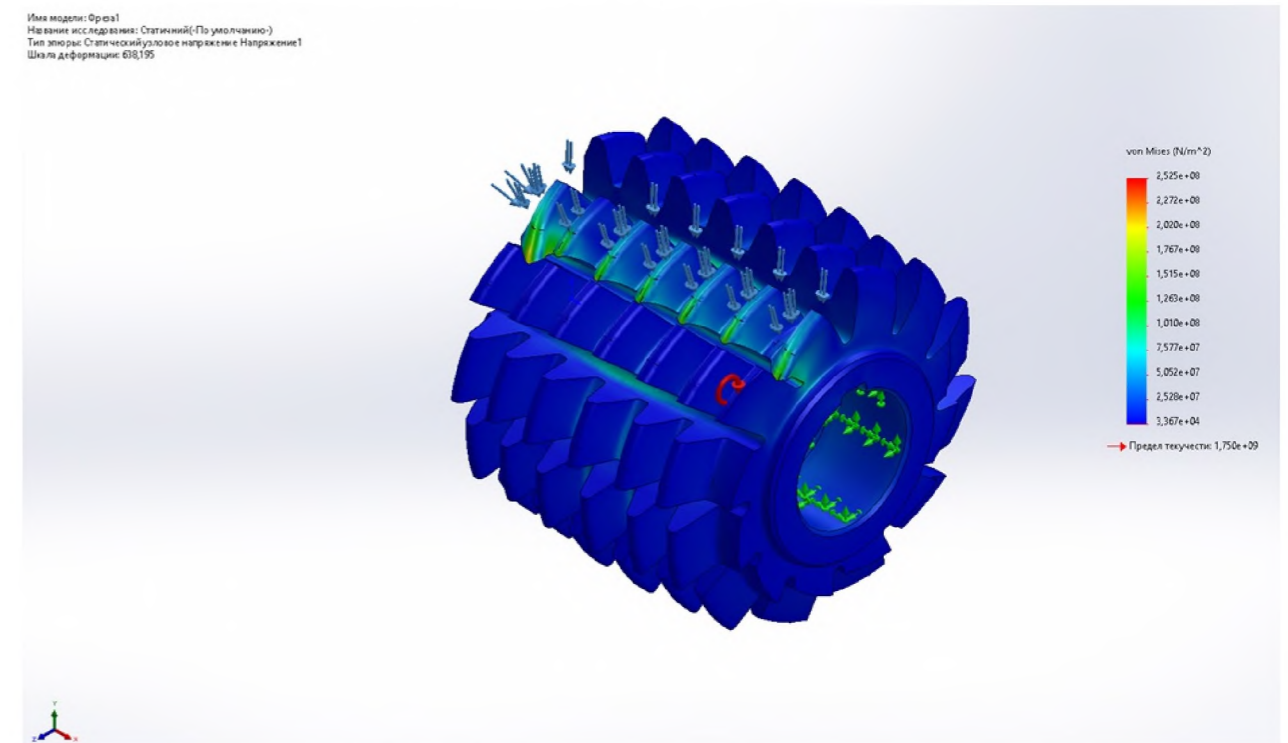


Сітка кінцевих елементів



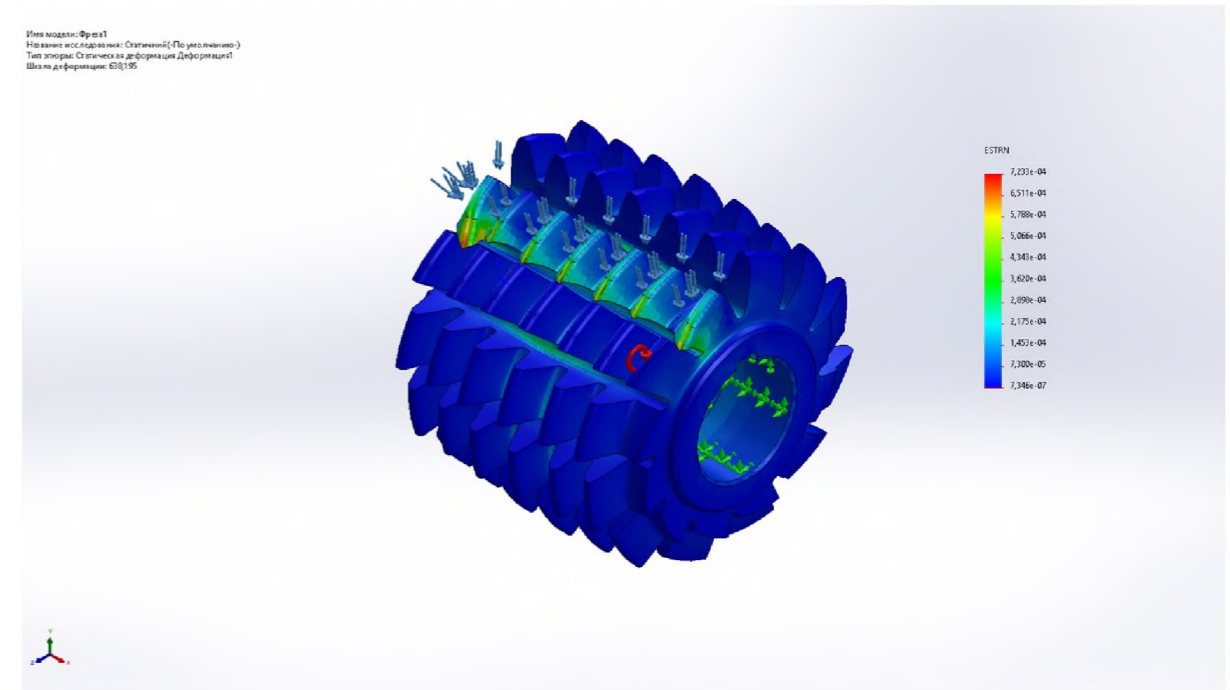
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation

Імя моделі: Фрез1
 Названіе дослідження: Статичний (По умовчальному)
 Тип аналізу: Статический узлово е напруженіе Напруженіе1
 Шкала деформації: 618,195

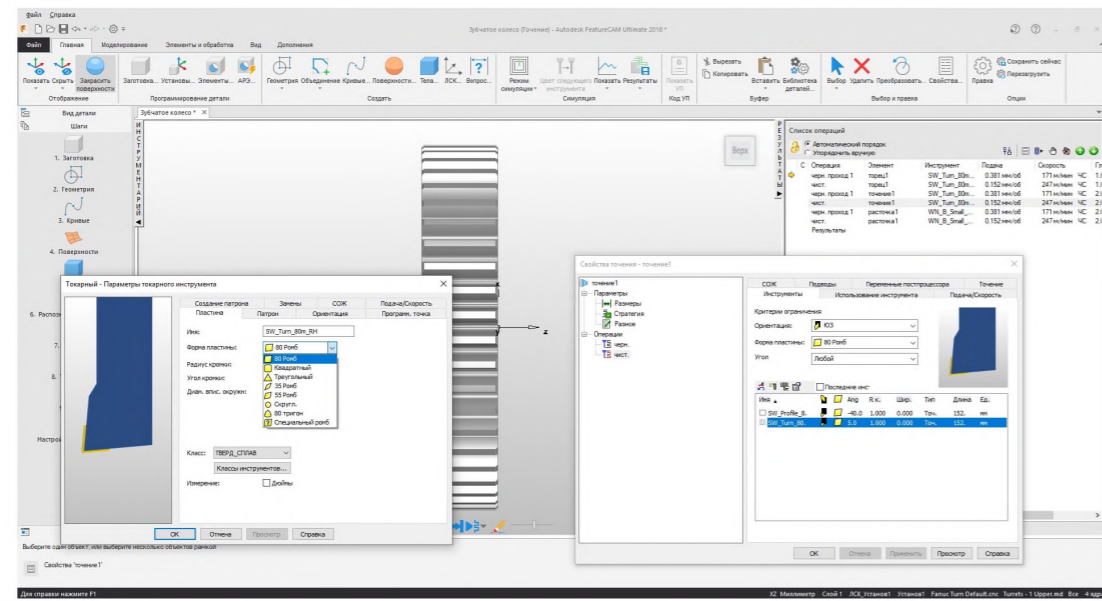


Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation

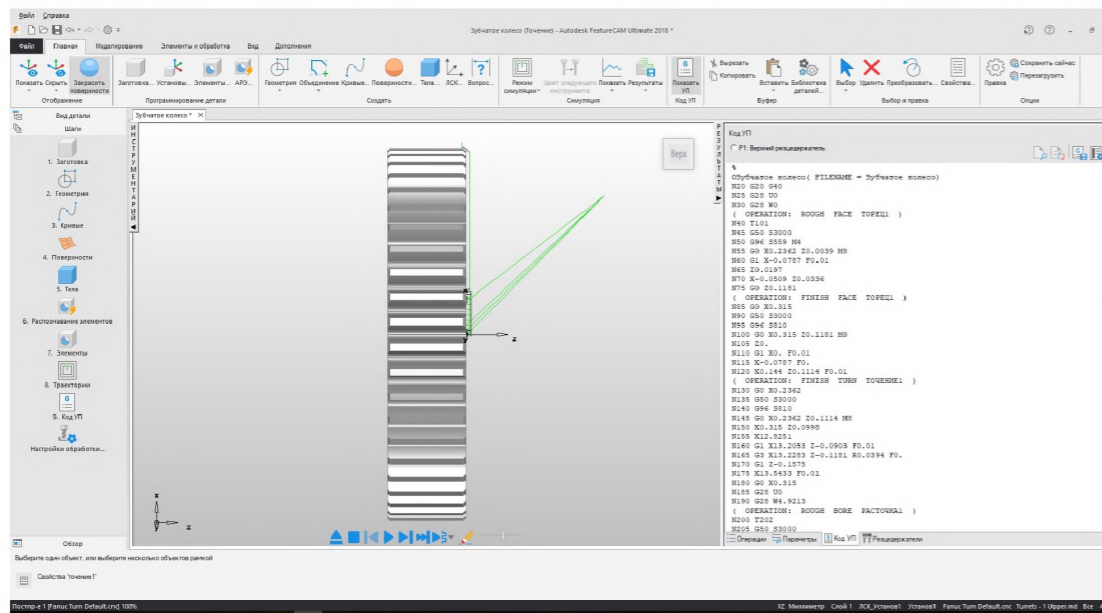
Імя моделі: Фрез1
 Названіе дослідження: Статичний (По умовчальному)
 Тип аналізу: Статический за деформація Деформація1
 Шкала деформації: 618,195



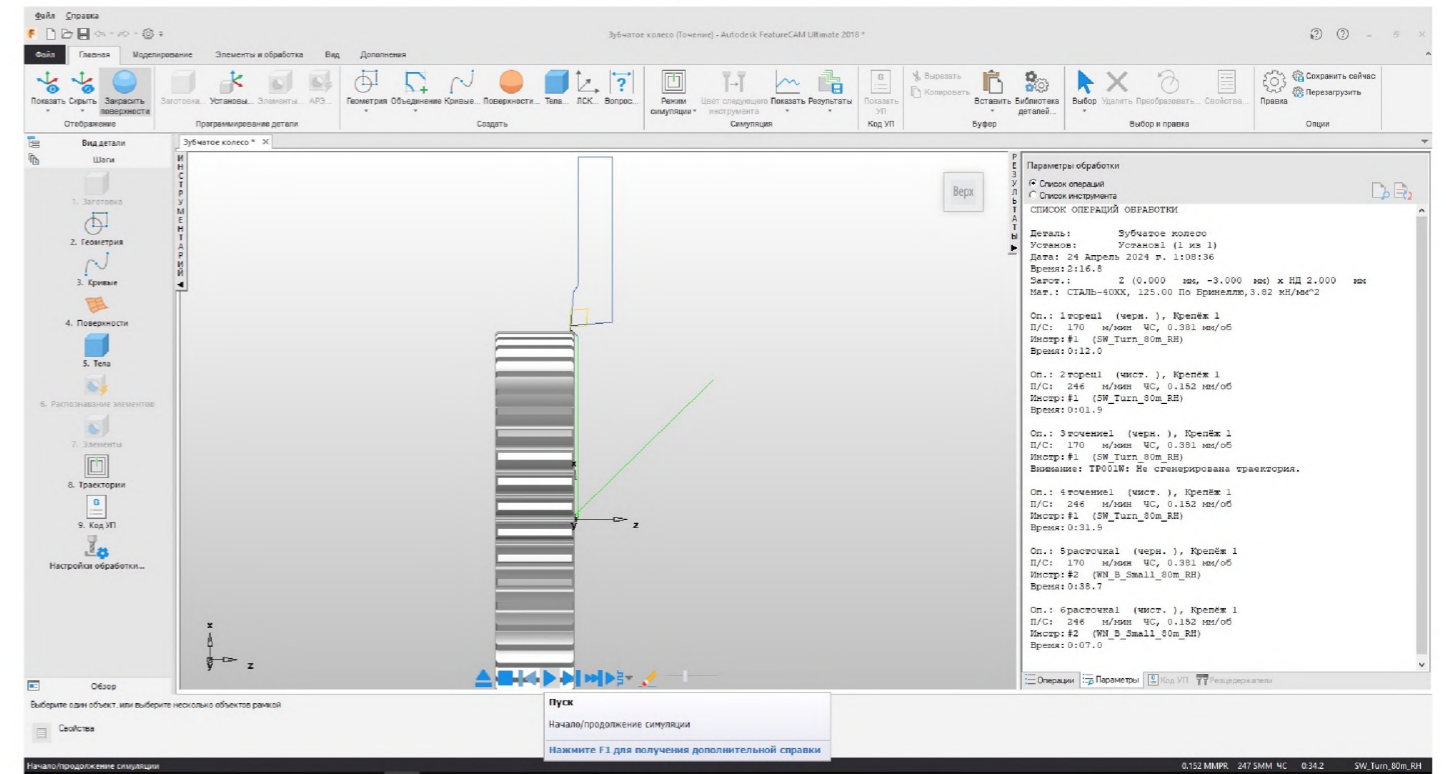
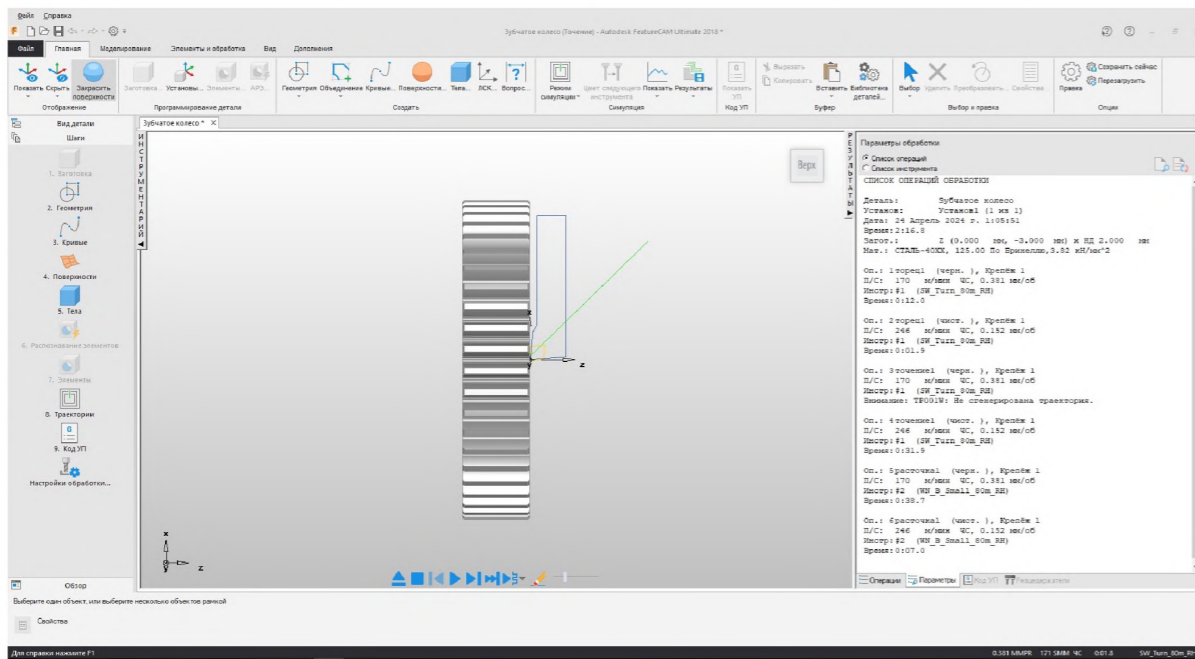
				КНУ.КБР.131.24.2-04.ІАСРІ			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Маскалець				Н		
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-21ск			
Затв.	Нечаєв						



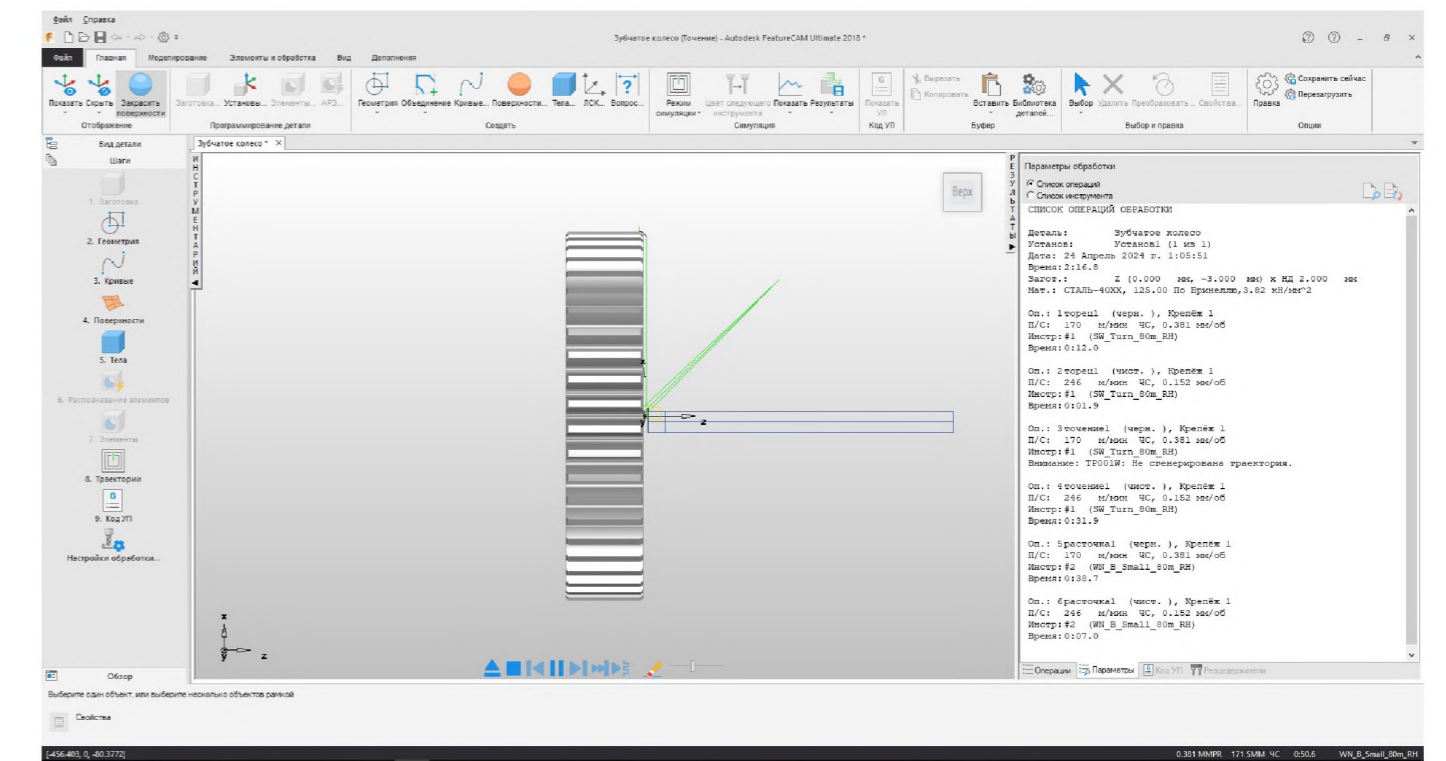
Траєкторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (розточування)



				КНУ.КБР.131.24.2-04.МПМО			
				Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата		Н		
Розробив	Маскалець				Лист	Листів	1
Керівник	Нечайев			Кафедра ТМ гр. ПМ-21ск			
Н.контр.	Рязанцев						
Затв.	Нечайев						