

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: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» конічного одноступінчастого кутового редуктора та його інженерний аналіз за допомогою САЕ-систем

Виконав: здобувач групи ПМ-23ск
Шоль В.С.

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

Кривий Ріг
2026 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» конічного одноступінчастого кутового редуктора та його інженерний аналіз за допомогою САЕ-систем

Виконав здобувач гр. ПМ-23ск

(підпис)

Володимир ШОЛЬ

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

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

Затверджую
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Рязанцев А.О.

(дата)

(підпис)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувача групи ПМ-23ск Шоля Володимира Сергійовича

1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» конічного одноступінчастого кутового редуктора та його інженерний аналіз за допомогою САЕ-систем

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2026 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2026 р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал-шестерня. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фреза черв'ячна конічна. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	25.02.2026
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2026
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2026
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2026
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2026
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2026
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2026
8.	Вибір параметрів різальної частини інструментів.	12.04.2026
9.	Розрахунок конструктивних параметрів різальної частини інструменту.	19.04.2026
10.	Вибір розмірів різального інструменту.	25.04.2026
11.	Креслення спеціального різального інструменту (А2-А4).	01.05.2026
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2026
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2026
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2026
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2026
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2026
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2026
18.	Висновки	01.06.2026
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2026
20.	Попередній захист	15.06.2026

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2026 р.

Завдання видав керівник КБР

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Шоль В.С./

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 53 стор., 34 рисунки, 15 таблиць, 5 листів графічної частини.

Тема кваліфікаційної роботи присвячена розробці спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» та виконанню його інженерного аналізу із застосуванням сучасних САЕ-систем, зокрема таких програмних комплексів, як SolidWorks. Дослідження передбачає конструкторське опрацювання інструменту, вибір матеріалу, геометричних параметрів, а також моделювання напружено-деформованого стану в умовах реального навантаження.

Таким чином, робота поєднує класичні методи проектування різального інструменту з сучасними цифровими технологіями інженерного аналізу.

Об'єктом дослідження є процес механічної обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» спеціальним різальним інструментом.

Предметом дослідження є конструкція спеціального різального інструменту, його геометричні параметри та напружено-деформований стан, визначений за допомогою САЕ-моделювання.

Обробка деталей типу «Вал-шестерня» потребує високої точності профілю зубців, співвісності та якості поверхні. Використання універсального інструменту не завжди забезпечує необхідну продуктивність і стабільність процесу різання, що зумовлює потребу у створенні спеціального інструменту, оптимізованого під конкретні технологічні умови.

Застосування САЕ-систем для аналізу напружень, переміщень і деформацій інструменту дозволяє прогнозувати його поведінку під навантаженням, оцінювати запас міцності, жорсткість та довговічність. Це є особливо актуальним при роботі з високоміцними сталями, які широко використовуються для виготовлення зубчастих валів.

Отже, тема роботи є актуальною як з наукової, так і з практичної точки зору, оскільки спрямована на підвищення ефективності технологічного процесу та якості машинобудівної продукції.

Таким чином, у роботі комплексно розглядаються питання проектування, цифрового моделювання та інженерного аналізу спеціального різального інструменту з метою забезпечення ефективної та надійної обробки відповідальної машинобудівної деталі.

ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, РЕДУКТОР, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ІНСТРУМЕНТ, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, СОБІВАРТІСТЬ, МОДЕРНІЗАЦІЯ.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.P			
Зм.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шоль				Реферат Кат. ТМ, гр. ПМ-23ск			
Перевір.	Нечаєв							
Реценз.								
Н. контр.	Нечаєв							
Зав. каф.	Рязанцев							

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 53 pages, 34 figures, 15 tables, 5 sheets of the graphic part.

The topic of the qualification thesis is devoted to the development of a special cutting tool for machining the surfaces of a “Gear Shaft” part and performing its engineering analysis using modern CAE systems, in particular such software packages as SolidWorks. The research involves the design development of the tool, the selection of materials and geometric parameters, as well as the simulation of the stress-strain state under real operating loads.

Thus, the work combines classical methods of cutting tool design with modern digital engineering analysis technologies.

The object of the research is the process of machining the surfaces of a “Gear Shaft” part using a special cutting tool.

The subject of the research is the design of the special cutting tool, its geometric parameters, and the stress-strain state determined through CAE simulation.

Machining of “Gear Shaft” type parts requires high accuracy of the tooth profile, concentricity, and surface quality. The use of universal tools does not always ensure the required productivity and stability of the cutting process, which creates the need for the development of a special tool optimized for specific technological conditions.

The application of CAE systems for the analysis of stresses, displacements, and deformations of the tool makes it possible to predict its behavior under load, evaluate the safety margin, rigidity, and durability. This is especially relevant when working with high-strength steels widely used in the manufacturing of gear shafts.

Therefore, the topic of the thesis is relevant from both scientific and practical points of view, as it is aimed at improving the efficiency of the technological process and the quality of machine-building products.

Thus, the thesis comprehensively considers the issues of design, digital modeling, and engineering analysis of a special cutting tool in order to ensure efficient and reliable machining of a critical machine-building component.

GEAR SHAFT, GEARBOX, PRODUCTIVITY, TOOL, ENGINEERING ANALYSIS, COST, MODERNIZATION.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	21
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	21
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	27
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	28
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	29
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	30
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	34
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	34
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	37
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	40
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	40
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	41
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	45
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	45
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при фрезерних операціях	50
Висновки	52
Список використаних джерел	53

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-10.3</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Шоль</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</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.131.26.2-10.В</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Шоль</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідною інформаційною базою для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи стали робочі креслення деталі «Вал-шестерня» та складальної одиниці, до складу якої вона входить, а також встановлена річна програма виготовлення в обсязі 1500 виробів. На рисунку 1.1 наведено тривимірну модель даної деталі.

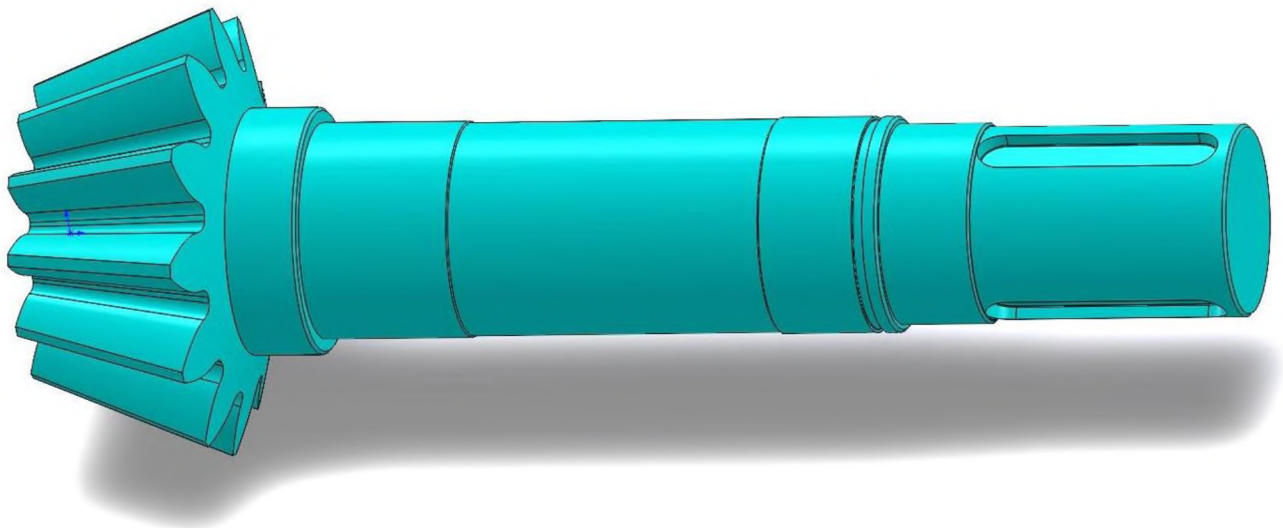


Рисунок 1.1 – Об'ємна модель деталі «Вал-шестерня конічна»

Метою роботи є розробка конструкції спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» та проведення його інженерного аналізу з використанням сучасних САЕ-систем з метою оцінки міцності, жорсткості та працездатності.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати конструктивні та технологічні особливості деталі «Вал-шестерня».
2. Визначити вимоги до точності та якості обробки її поверхонь.
3. Обґрунтувати вибір типу та конструкції спеціального різального інструменту.
4. Виконати розрахунок основних геометричних параметрів інструменту.
5. Розробити тривимірну модель інструменту в САЕ-середовищі.
6. Провести інженерний аналіз (розрахунок напружень, переміщень і деформацій) із застосуванням САЕ-систем.
7. Оцінити отримані результати та визначити шляхи оптимізації конструкції.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-10.01.АСПМ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Шоль</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Заб. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркциів</i>
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>		

1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини

Вал-шестірня належить до ключових елементів кінцевого одноступінчастого кутового редуктора редуктора Н091.20.000 (рис. 1.2). Редуктор призначений для зниження частоти обертання вхідного вала та одночасного підвищення крутного моменту.

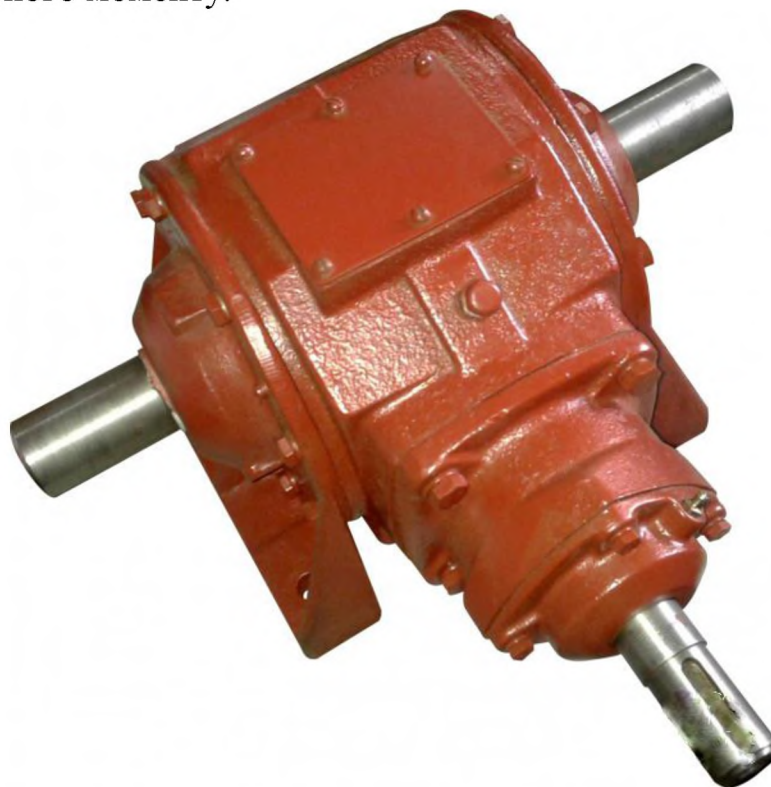


Рисунок 1.2 – Конічний одноступінчастий кутовий редуктор

Конічний одноступінчастий кутовий редуктор Н091.20.000 ($M=200$ Н.м (20 кгс*м), $i=1,25$, $m=32,8$ кг.) призначений для передачі моменту, що крутить, від вала відбору потужності до робочих органів сільськогосподарських машин.

Забезпечує зміну величини крутного моменту та зміни частоти обертання робочих органів щодо вала відбору потужності.

Крутний момент на кінці веденого вала – від 50 нм до 400 нм, передатне число – від 1 до $1,8$, маса – від 15 кг до 60 кг.

За рахунок різних поєднань положень конічних шестерень всередині редуктора та виготовлення валів (як ведучого, так і ведених) у шпонковому та шліцевому варіантах, можуть бути забезпечені 32 різні схеми складання редуктора на валу.

Залежно від положення бічних кришок редуктора щодо корпусу в площині перпендикулярної осі тихохідного вала можуть бути забезпечені 8 різних виконань редуктора розташування опорної площини.

У редукторі литі деталі виготовляються із сірого чавуну, зубчасті колеса із легованої термообробленої сталі, вали із легованої покращеної сталі (рис. 1.3).

					КНУ.КБР.131.26.2-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

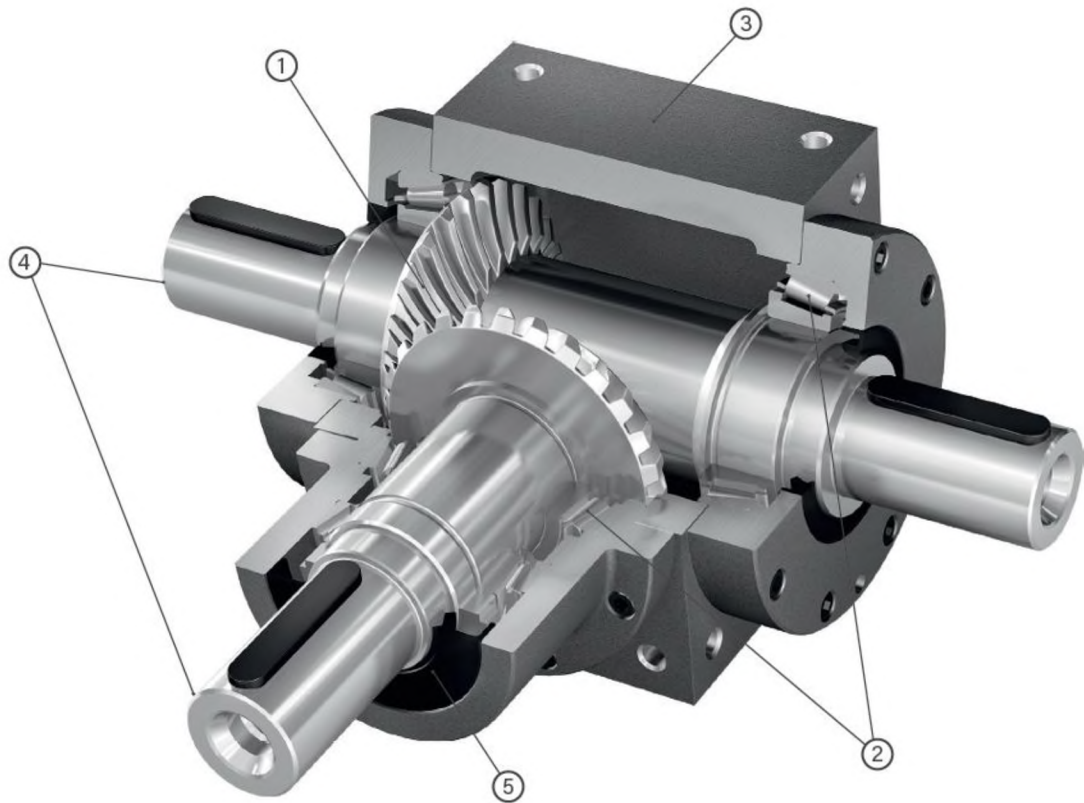


Рисунок 1.3 – Редуктор в розрізі: 1 – конічні шестерні; 2 – конічні роликові підшипники на вході та виході для високої радіальної та осьової вантажопідйомності; 3 – компактний, жорсткий корпус з ковкого чавуну; 4 – вали; 5 – ущільнення NBR для захисту IP64

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання

Конструктивним елементом вал-шестерні є шпонковий паз, ширина якого складає 18Н9. На вал-шестерню встановлюється суміжна деталь за допомогою шпонки, тим самим утворюючи шпонкове з'єднання. Тому доцільно провести розрахунок даного шпонкового з'єднання.

Шпонкове з'єднання ($\varnothing 65 - 18 \times 11 - 1$).

$$1. D = 65; d = 65; b = 18; B_B = 18; B_{BT} = 18; h = 11; a = d - t_1 = 65 - 7 = 58; \\ A = D + t_2 = 65 + 4,4 = 69,4.$$

$$2. D = 65H7;$$

$$d = 65r6 \text{ (поле допуску вал-шестерні);}$$

$$b = 18h9;$$

$$B_B = 18H9;$$

$$B_{BT} = 18D10;$$

$$h = 11h11;$$

$$a = 58h14;$$

$$A = 69,4H14.$$

$$3. 18h9: es = 0;$$

$$ei = -43 \text{ мкм.}$$

$$18H9: ES_B = +43 \text{ мкм;}$$

$$EI_B = 0.$$

$$18D10: ES_{BT} = +120 \text{ мкм;}$$

$$EI_{BT} = +50 \text{ мкм.}$$

					КНУ.КБР.131.26.2-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$4. b_{max} = b_H + es = 18 + 0 = 18;$$

$$b_{min} = b_H - ei = 18 + (-0,043) = 17,957;$$

$$B_{Bmax} = B_B + ES_B = 18 + 0,043 = 18,043;$$

$$B_{Bmin} = B_B + EI_B = 18 + 0 = 18;$$

$$B_{BTmax} = B_{BT} + ES_{BT} = 18 + 0,120 = 18,120;$$

$$B_{BTmin} = B_{BT} + EI_{BT} = 18 + 0,050 = 18,050.$$

$$5. Tb = b_{max} - b_{min} = 18 - 17,957 = 0,043;$$

$$Tb = es - ei = 0 - (-43) = 43 \text{ мкм};$$

$$TB_B = B_{Bmax} - B_{Bmin} = 18,043 - 18 = 0,043;$$

$$TB_B = ES_B - EI_B = 43 - 0 = 43 \text{ мкм};$$

$$TB_{BT} = B_{BTmax} - B_{BTmin} = 18,120 - 18,050 = 0,070;$$

$$TB_{BT} = ES_{BT} - EI_{BT} = 120 - 50 = 70 \text{ мкм}.$$

$$6. 18 \frac{H9}{h9} - \text{з'єднання шпонки зі шпонковим пазом вала виконано з зазором.}$$

$$18 \frac{D10}{h9} - \text{з'єднання шпонки зі шпонковим пазом втулки виконано з зазором.}$$

7. Шпонка – шпонковий паз вала.

$$S_{Bmax} = B_{Bmax} - b_{min} = 18,043 - 17,957 = 0,086;$$

$$S_{Bmax} = ES_B - ei = 43 - (-43) = 86 \text{ мкм};$$

$$S_{Bmin} = B_{Bmin} - b_{max} = 18 - 18 = 0;$$

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

Шпонка – шпонковий паз втулки.

$$S_{BTmax} = B_{BTmax} - b_{min} = 18,120 - 17,957 = 0,163;$$

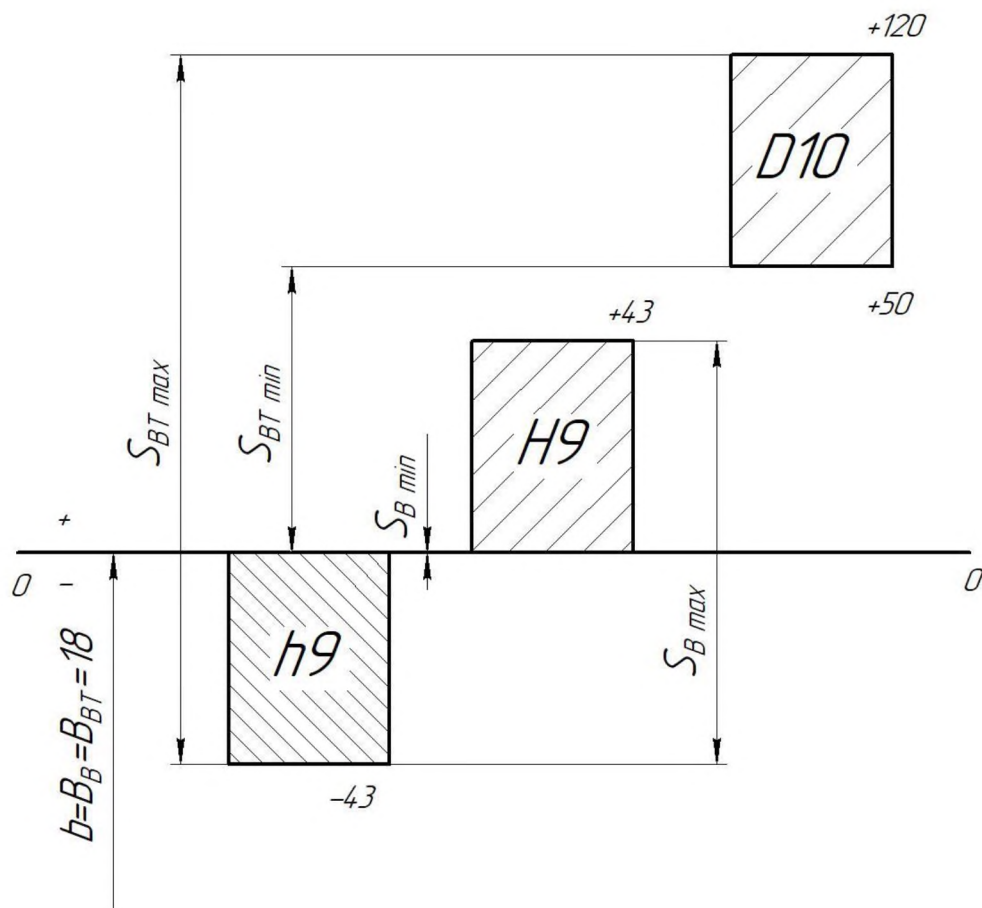
$$S_{BTmax} = ES_{BT} - ei = 120 - (-43) = 163 \text{ мкм};$$

$$S_{BTmin} = B_{BTmin} - b_{max} = 18,050 - 18 = 0,050;$$

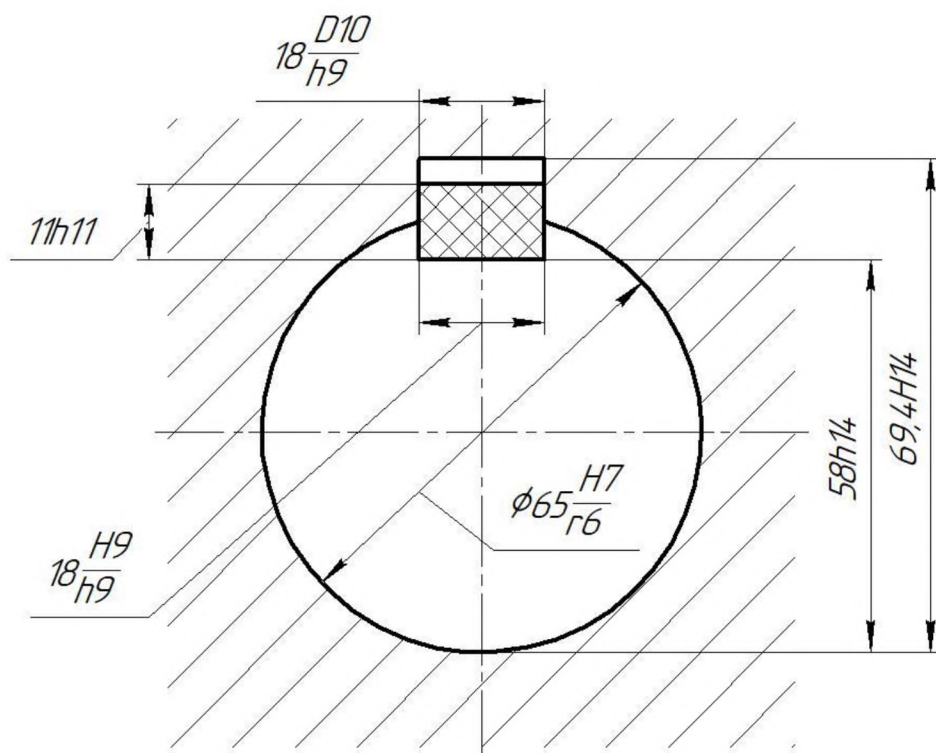
$$S_{BTmin} = EI_{BT} - es = 0,050 - 0 = 0,050 \text{ мкм}.$$

Схема полів допусків шпонкового з'єднання представлена на рисунку 1.4, а відповідний ескіз на рисунку 1.5.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунку 1.4 – Схема полів допусків шпонкового з'єднання



Рисунку 1.5 – Ескіз шпонкового з'єднання

					КНУ.КБР.131.26.2-10.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Деталь «Вал-шестерня» – деталь машини, призначена для передачі крутного моменту та сприйняття діючих сил зі сторін розміщених на ньому деталей та опор. Деталь є тілом обертання з круговими зуб'ями та фрезерованим пазом.

Дані про матеріал деталі приводяться у таблицях 2.1 та 2.2.

C	Si	Mn	S	P	Ni	Cr
0.36-0.44	0.17-0.37	0.50-0.80	до 0.035	до 0.035	до 0.25	0.8-1.10

σ_T , МПа	$\sigma_{\text{ср}}$, МПа	δ_5 , %	ψ , %	a_H , кДж/м ²	Твердість НВ
не менш					не більш
785	980	10	45	590	212-248

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

№ пов.	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, IT	Послідовність технологічних методів обробки
1	2	3	4	5
1, 20	595	12,5	±IT14/2	Підрізка торцю чорнова
2	2x45	12,5	±IT14/2	Точіння чорнове

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД			
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шоль			Технологічна підготовка виробництва деталі			
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Арк-шіт	
					Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск			

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
3	∅ 65 r6	12,5	14	Точіння чорнове
		6,3	10	Точіння напівчистове
		3,2	8	Точіння чистове
		2,5	r6	Тонке точіння
4	405	12,5	14	Підрізка торцю чорнова
		6,3	10	Підрізка торцю напівчистова
		3,2	8	Підрізка торцю чистова
5	∅ 70 f9	12,5	14	Точіння чорнове
		6,3	12	Точіння напівчистове
		3,2	10	Точіння чистове
		1,25	f9	шліфування
6	303	12,5	±IT14/2	Підрізка торцю чорнова
7	M76x1,5g6	12,5	14	Точіння чорнове
			g6	Нарізання різьби
8	B=3 ∅ 73.8	12,5	±IT14/2	Точіння чорнове
		6,3		Точіння напівчистове
		3,2		Точіння чистове
9	33	12,5	±IT14/2	Підрізка торцю чорнова
10	∅ 80k6	12,5	14	Точіння чорнове
		6,3	10	Точіння напівчистове
		3,2	8	Точіння чистове
		1,25	k6	Шліфування
11	120	12,5	±IT14/2	Підрізка торцю чорнова
12	∅ 75	12,5	±IT14/2	Точіння чорнове
13	70	12,5	±IT14/2	Підрізка торцю чорнова
14	∅ 80k6	12,5	14	Точіння чорнове
		6,3	10	Точіння напівчистове
		3,2	8	Точіння чистове
		1,25	k6	Шліфування
15	70	12,5	±IT14/2	Підрізка торцю чорнова
16	∅ 92	12,5	±IT14/2	Точіння чорнове
17	5,272h10 77°	12,5	14	Точіння чорнове
		6,3	10	Точіння напівчистове
		3,2	8	Точіння чистове
18	133h10 14°	12,5	±IT14/2	Точіння чорнове
19	4,759 12°	12,5	14	Точіння чорнове
		6,3	10	Точіння напівчистове
		3,2	8	Точіння чистове

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
21	Кругові зуби $z=14, m=6$	12,5	7-7-6X	Фрезерування чорнове
		6,3		Фрезерування напівчистове
		3,2		Фрезерування чистове
22	B=18H9	12,5	12	Фрезерування чорнове
		6,3	10	Фрезерування напівчистове
		3,2	H9	Фрезерування чистове
23	M12-7H	12,5	12	Свердління отвору
			7H	Нарізання різьби
24	M10-7H	12,5	12	Свердління отворів
			7H	Нарізання різьби

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На робочому кресленні деталь зображено у вигляді головного виду, виду А (зліва) та виносного елемента Б, що деталізує канавку. Нанесено повний комплект необхідних розмірів, показників шорсткості поверхонь і граничних відхилень, достатніх для виготовлення виробу.

Робоче креслення валу-шестерні виконано у форматі А2 відповідно до вимог чинних стандартів. Основний напис оформлено коректно: усі граfi заповнені належним чином і містять необхідні підписи.

Додатково деталь подано у вигляді розрізу В-В, виконаного по ступені Ø65r6 зі шпонковим пазом. Зазначені зображення забезпечують повне уявлення про конструкцію виробу та однозначно визначають геометрію й взаємне розташування його елементів.

На кресленні наведено всі розміри, що характеризують геометричні параметри складових частин деталі, встановлено граничні відхилення, квалітети точності та поля допусків. Також зазначено параметри шорсткості оброблюваних поверхонь із визначенням відповідних класів.

Спеціальні вимоги щодо відхилень від правильної геометричної форми елементів не регламентовані. У технічних даних наведено інформацію про матеріал деталі та вид її термічної обробки. Відсутність окремих позначень свідчить про те, що нанесення захисних покриттів не передбачено.

Креслення містить таблицю параметрів зубчастого вінця, а також у відповідній граfi зазначено масу деталі.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес виготовлення деталі «Вал-шестерня» складається з послідовності операцій, які представлені в таблиці 2.4.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Технологічний процес виготовлення деталі

№ опер.	Назва операції, зміст операції	Обладнання
000	Заготовча	
001	Розміточна	
005	Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний мод. МР -73М
010	Токарна чорнова	Okuma Multus B200II
015	Токарна чистова	Okuma Multus B200II
020	Термообробка	
025	Зубофрезерна	Зубофрезерний мод. 5K324A
030	Слюсарна	Верстак
035	Контрольна	
040	Фрезерна	Okuma Multus B200II
045	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний JNU-2706CNC
050	Контрольна	

З огляду на обсяг і специфіку раніше визначених технологічних способів обробки поверхонь, здійснимо підбір відповідних типів металорізального обладнання та інструментального оснащення. Дані занесемо в таблицю 2.7.

Для токарних, фрезерних та свердлильних операцій обираємо верстат Okuma Multus B200II (рис. 2.1).

Для шліфування циліндричних поверхонь обираємо круглошліфувальний верстат JNU-2706CNC (рис. 2.2).

Технічна характеристика верстатів наведена в таблицях 2.5 та 2.6.

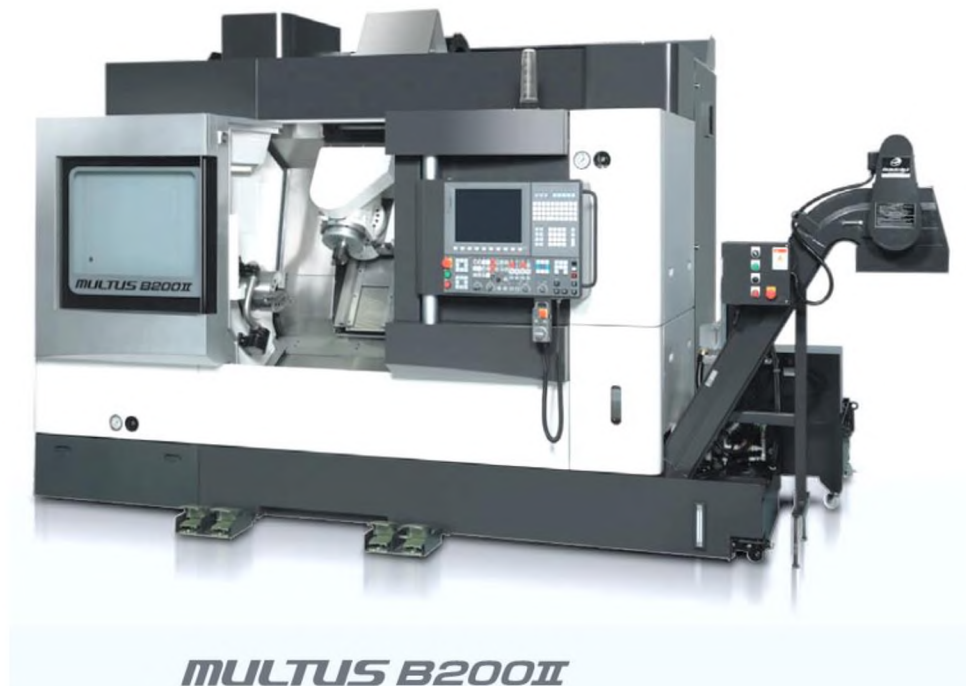


Рисунок 2.1 – Токарно-фрезерний багатофункціональний верстат Okuma Multus B200II

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 – Технічні характеристики верстату Multus B200II

Характеристика	Значення
Функціональні можливості	
Макс. діаметр обробки над супортом	600 мм
Макс. діаметр обробки	600 мм
Відстань між центрами	555мм
Переміщення по осям	
X	Від +480 до -20
Z	600
Y	+80 до -80
W	-
C	360град
B	225град
Головний шпиндель	
Частота обертання	50-6000 об/хв
Торець шпинделя (діаметр)	140 мм
Конічний отвір / діаметр підшипника	62мм / 100мм
Хвостовик інструмента/ діаметр хвостовика розточної оправки	20/ $\varnothing$ 32
Фрезерний шпиндель	
Діапазон частот обертання	50-12000об/хв
Макс. крутний момент	40,1Н*м
Діаметр шпинделя	65
Подачі	
Діапазон швидкостей подач	0,001-1000
Задня бабка	
Розмір центра	MT4
Хід задньої бабки	720
Інструментальний магазин	
Хвостовик інструмента/штрель	HSK-A63
Кількість інструмента	20
Макс. діаметр інструмента	90
Макс. довжина інструмента	200мм
Двигуни	
Головний шпиндель	11/7,5кВт
Фрезерний шпиндель	12/8кВт
Вісь Z	2,8
Вісь X	3,5
Вісь Y	2,9
Помпа СОЖ	0,8
Габарити верстата	
Висота х довжина х ширина	2582х3385х2210 мм
Вага	7000кг

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Круглошліфувальний верстат JNU-2706CNC

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики верстату JNU-2706CNC

Технічні характеристики	Значення
Максимальний встановлений діаметр, мм	270
Максимальна довжина обробки, мм	600
Максимальний діаметр обробки, мм	250
Максимальна встановлена вага, кг	70
Шпиндельна бабка	
Діапазон швидкостей	Безступінчате регулювання
Кут повороту проти часової стрілки, град	120
Центр	MT4
Робочий стіл	
Швидкість переміщення по горизонталі, м/хв	10
Подача ручного маховика, мм	20
Мінімальний хід, мм	0,001
Шліфувальна бабка	
Розмір шліфувального круга, мм	600x25-50x352,4
Макс. периф. швидкість, м/хв	2000
Задня бабка	
Хід центра	30
Центр	MT4
Потужність двигунів	
Двигун шліфувального круга, кВт	3,75кВт
Двигун стола, кВт	1,5кВт
Двигун гідросистеми, кВт	1,5кВт
Сервопривід переміщення по вісі X, кВт	1,2 кВт
Сервопривід переміщення по вісі Z, кВт	1,8 кВт

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

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

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату
1	2	3
1,20	Підрізка торцю чорнова	Okuma Multus B200II
2	Точіння чорнове	Okuma Multus B200II
3	Точіння чорнове, напівчистове, чистове, тонке	Okuma Multus B200II
4	Підрізка торцю чорнова, напівчистова, чистова	Okuma Multus B200II
5	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
	Шліфування	JNU-2706CNC
6	Підрізка торцю чорнова	Okuma Multus B200II
7	Точіння чорнове Нарізання різьби	Okuma Multus B200II
8	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
9	Підрізка торцю чорнова	Okuma Multus B200II
10	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
	Шліфування	JNU-2706CNC
11	Підрізка торцю чорнова	Okuma Multus B200II
12	Точіння чорнове	Okuma Multus B200II
13	Підрізка торцю чорнова	Okuma Multus B200II
14	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
	Шліфування	JNU-2706CNC
15	Підрізка торцю чорнова	Okuma Multus B200II
16	Точіння чорнове	Okuma Multus B200II
17	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
18	Точіння чорнове	Okuma Multus B200II
19	Точіння чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
21	Фрезерування чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
22	Фрезерування чорнове, напівчистове, чистове	Okuma Multus B200II
23	Свердління отвору Нарізання різьби	Okuma Multus B200II
24	Свердління отворів Нарізання різьби	Okuma Multus B200II

					КНУ.КБР.131.26.2-10.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

З ВИБІР РІЗАЛЬНИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням кількості та характеру раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь обираються сучасні типи інструментів. Для кожної поверхні деталі здійснюється підбір і обґрунтування типу інструменту з поданням його ескізу. Результати наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип і модель верстату
1	2	3
1, 20	1.Підрізка торцю чорнова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
2	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
3	1.Точіння чорнове 2.Точіння напівчистове 3.Точіння чистове 4.Тонке точіння	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
4	1.Підрізка торцю чорнова 2.Підрізка торцю напівчистова 3.Підрізка торцю чистова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
5	1.Точіння чорнове 2.Точіння напівчистове 3.Точіння чистове 4.Шліфування	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини Абразивний круг
6	1.Підрізка торцю чорнова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
7	1.Точіння чорнове 2.Нарізання різьби	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини Різьбовий різець
8	1.Точіння чорнове 2.Точіння напівчистове 3.Точіння чистове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
9	1.Підрізка торцю чорнова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шоль			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.								
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск		

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
10	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
	2.Точіння напівчистове	
	3.Точіння чистове	
	4.Шліфування	Абразивний круг
11	1.Підрізка торцю чорнова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
12	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
13	1.Підрізка торцю чорнова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
14	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
	2.Точіння напівчистове	
	3.Точіння чистове	
	4.Шліфування	Абразивний круг
15	1.Підрізка торцю чорнова	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
16	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
17	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
	2.Точіння напівчистове	
	3.Точіння чистове	
18	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
19	1.Точіння чорнове	Прохідний різець з механічним кріпленням пластини
	2.Точіння напівчистове	
	3.Точіння чистове	
21	1.Фрезерування чорнове	Кінцева фреза
	2.Фрезерування напівчистове	
	3.Фрезерування чистове	
22	1.Фрезерування чорнове	Кінцева фреза
	2.Фрезерування напівчистове	
	3.Фрезерування чистове	
23	1.Свердління отвору	Свердло
	2.Нарізання різьби	Мітчик
24	1.Свердління отворів	Свердло
	2.Нарізання різьби	Мітчик

Державка C5-DCLCR-35060-12JETI (рис. 3.1), пластина CCMT120408-M5; CVD покриття TP40 (рис. 3.2) використовується для поверхонь:

- 1, 4, 6, 9, 11, 13, 15, 20 – чорнове підрізання торця;
- 2 – точіння фаски;
- 3, 5, 7, 10, 12, 14, 16, 17, 18, 19 – чорнове точіння.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

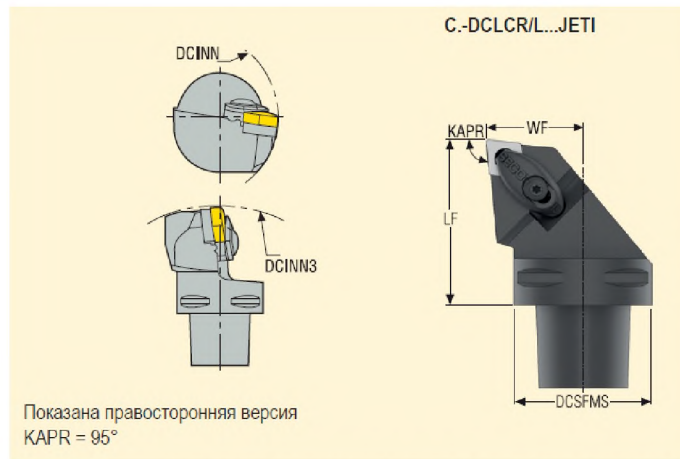


Рисунок 3.1 – Державка Seco C5-DCLCR-35060-12JETI [1, с.138]:
DCSFMS=50мм; WF=35мм; LF=60мм; хвостовик Seco-Capto C5

CCMT

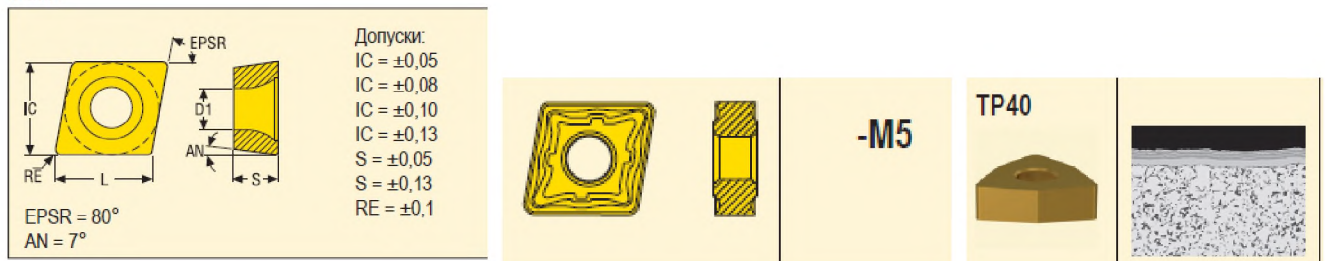


Рисунок 3.2 – Пластина Seco CCMT120408-M5, CVD покриття TP40:
L=12мм, S=4мм, RE=0,8мм

Державка C5-DCLCR-35060-12JETI (рис. 3.1), пластина CCMT120408-F2; CVD покриття TP200 (рис. 3.3) використовується для поверхонь:

- 4 – напівчистове підрізання торця;
- 3, 5, 10, 14, 17, 19 – напівчистове точіння.

CCMT



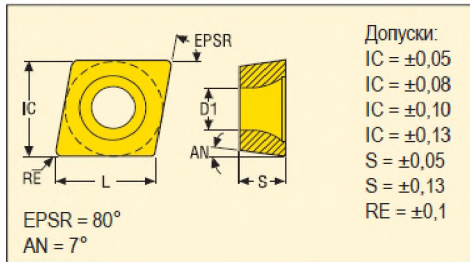
Рисунок 3.3 – Пластина Seco CCMT120408-F2; CVD покриття TP200 [1, с.423]:
L=12мм, S=4мм, RE=0,8мм

Державка C5-DCLCR-35060-12JETI (рис. 3.1), пластина CCMT120408-MF2; CVD покриття TP1501 (рис. 3.3) використовується для поверхонь:

- 4 – чистове підрізання торця;
- 3, 5, 10, 14, 17, 19 – чистове точіння.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

CCMT



-MF2

TP1501

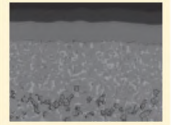


Рисунок 3.4 – Пластина Seco CCMT120408-MF2;
 CVD покриття TP1501 [1, с.423]: L=12мм, S=4мм, RE=0,8мм

Державка C5-DVJNR-35060-16JETI (рис. 3.5), пластина VNMG160404-FF1;
 CVD покриття TP1501 (рис. 3.6) використовується для поверхонь:

- 3 – тонке точіння;
- 8 – точіння канавки.

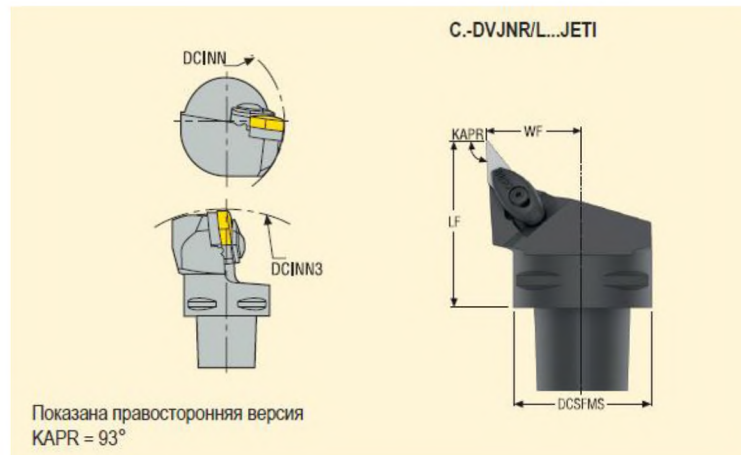
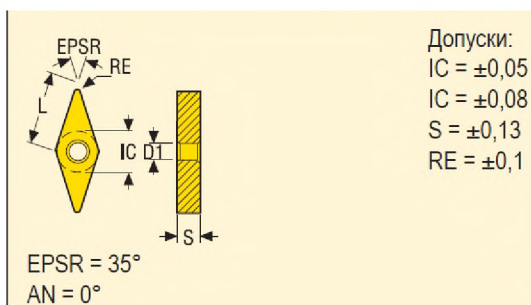


Рисунок 3.5 – Державка Seco C5-DVJNR-35060-16JETI [1, с.151]:
 DCSFMS=50мм; WF=35мм; LF=60мм; хвостовик Seco-Capto C5



-FF1

TP1501

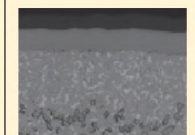


Рисунок 3.6 – Пластина Seco VNMG160404-FF1; CVD покриття TP1501 [1, с.471]

Державка C5-DVJNR-35060-16JETI (рис. 3.7), пластина VNMG160404-FF1;
 CVD покриття TP1501 (рис. 3.8) використовується для поверхонь:

- 7 – нарізання різьби.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

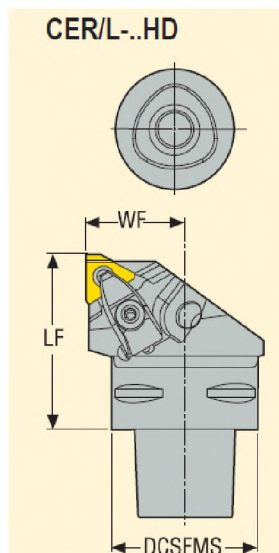


Рисунок 3.7 – Державка Seco C5-CER-35060-16HD [2, с.60]:
DCSFMS=50мм; WF=35мм; LF=60мм; хвостовик Seco-Capto C5

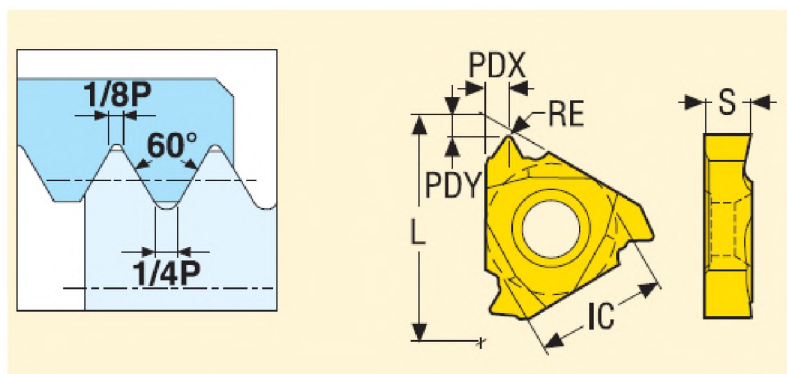


Рисунок 3.8 – Пластина Seco 16ER1.5ISO; PVD покриття CP500 [2, с.95]:
IC=9,525мм; L=16,5мм; S=3,47мм; PDY=0,8мм; PDX=0,8мм; RE=0,22мм, P=1,5мм

Поверхня 22 – чорнове, напівчистове та чистове фрезерування пазу – кінцева фреза 554160Z4.0-SIRON-A (рис. 3.9).

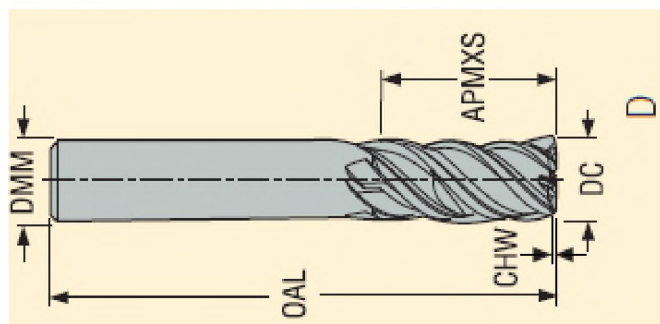


Рисунок 3.9 – Кінцева фреза Seco 554160Z4.0-SIRON-A [3, с.57]:
DC=16мм; DMM=16 мм; APMXS=34 мм; OAL=90 мм; CHW=0,2 мм.

Поверхня 23 – свердління отвору (рис. 3.10).

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

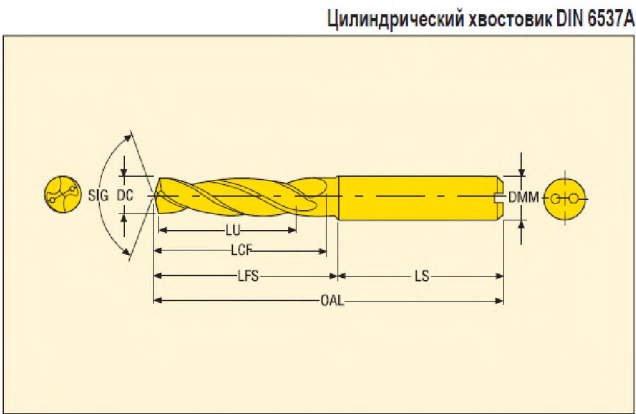


Рисунок 3.10 – Свердло Seco SD203A-1020-040-12R1-P [4, с.48]:
DC=10.2; LU=40; OAL=102; LFS=57; LS=45; LCF=55; DMM=12.

Поверхня 24 – свердління отвору (рис. 3.11).

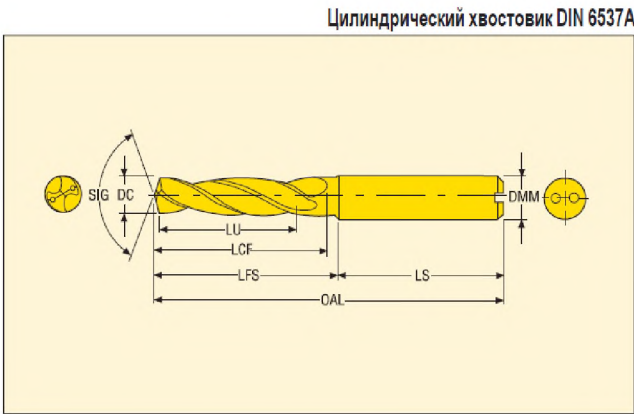
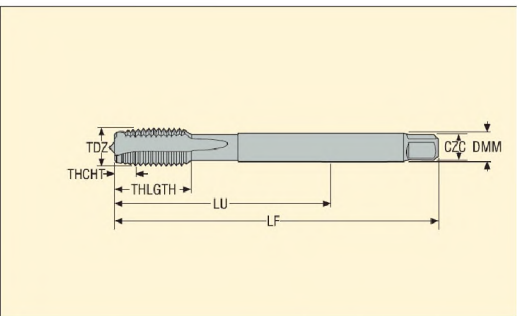


Рисунок 3.11 – Свердло Seco SD203A-0850-035-10R1-P [4, с.48]:
DC=8,5мм; LU=35мм; OAL=89; LFS=49; LS=40; LCF=47; DMM=10.

Поверхня 23 – нарізання різьби мітчиком у (рис. 3.12).

MTP-P002



- По режимам обработки см. стр. 176
- Покрытие: TiAlN
- Материал: HSS-E-PM

Обозначение	TDZ	Шаг		Размеры в мм				NOF	PHDR	BSG	TCTR	THCHT	
		mm	TPI	DMM	LU	THLGTH	LF						CZC
MTP-M12X1.75ISO6H-TB-P002	M12	1,75	—	9,0	83,0	23,0	110,0	9,00X7,00	4	10,4	DIN376	6H	B

Рисунок 3.12 – Мітчик Seco MTP-M12X1.75ISO6H-TB-P002 [4, с.197]

Поверхня 24 – нарізання різьби мітчиком у (рис. 3.13).

MTP-P001



- По режимам обработки см. стр. 176
- Покрытие: TiAlN
- Материал: HSS-E-PM

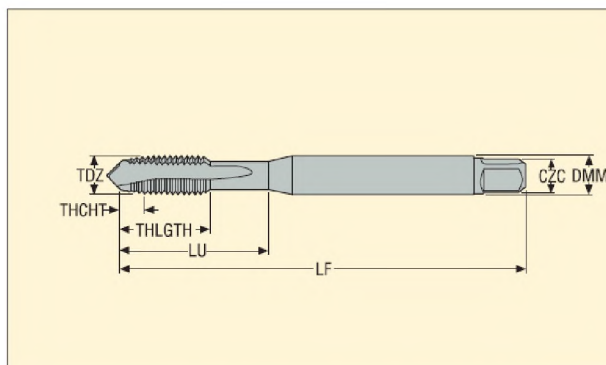


Рисунок 3.13 – Мітчик Seco MTP-M10X1.50ISO6H-TB-P001 [4, с.196]:
 TDZ=M10; DMM=10; LU=39; THLGTH=20; LF =100; CZC=10x8; NOF=3;
 PHDR=8,6; BSG-SECO-DIN; TCTR=6H; THCHT=B

Поверхня 5, 10, 14 – шліфування абразивним кругом (рис. 3.14). Обираємо інструмент за DIN ISO 603 [5].

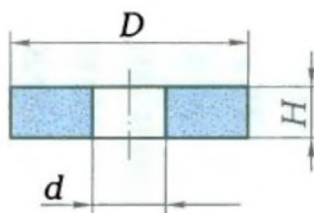


Рисунок 3.14 – Шліфувальний круг 23A40HCT16K1: D=500мм, d=50мм, H=305мм

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні властивості матеріалу деталі, виду обробки та застосовуваних металорізальних верстатів для прийнятих інструментів визначаються матеріал різальної частини, геометричні параметри, матеріал державки (корпусу або хвостовика). Відповідні дані наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів за каталогами

№ з/п поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1-7, 9-20	Різець з механічним кріпленням з чотирьохгранною пластиною	Чорнова TP40	Сталь 50	$\phi=95^\circ$; $\gamma=0^\circ$; $\epsilon=80^\circ$; $\alpha=7^\circ$; $\lambda=0^\circ$;
3, 4, 5, 10, 14, 17, 19		Напівчистова TP200		
3, 5, 10, 14, 17, 19		Чистова TP1501		

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5
3,8	Різець з механічним кріпленням з чотирьохгранною пластиною	TP1501	Сталь 50	$\varphi=93^\circ$; $\gamma=-13,5^\circ$; $\varepsilon=35^\circ$; $\lambda=-4,5^\circ$
7	Різбовий різець з механічним кріпленням	CP500	Сталь 50	$\varphi=90^\circ$; $\alpha=10^\circ$
5, 10, 14	Абразивний круг	23A		ПП 500x50x305
22	Кінцева фреза	SIRON-A	Вольфрам (WC) + Кобальт (Co)	$\omega=48^\circ$; $\gamma=8^\circ$ $z=4$
23	Свердло	TiAlN	Сталь 50	$2\phi=140^\circ$; $\omega=30^\circ$; $\psi=55^\circ$;
23	Мітчик	TiAlN	Сталь 50	$z=4$
24	Свердло	TiAlN	Сталь 50	$2\phi=140^\circ$; $\omega=30^\circ$; $\psi=55^\circ$;
24	Мітчик	TiAlN	Сталь 50	$z=3$

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням виду обробки, типу інструмента, параметрів його різальної частини та габаритних розмірів здійснюється вибір типорозмірів металорізальних інструментів. Отримані дані наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ з/п пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Основні розміри інструменту, пластини	Шифр інструменту (державки, пластини)
1	2	3	4	5
1-7, 9-20	Різець з механічним кріпленням з чотирьохгранною пластиною	Чорнова TP40	Державка: $d=50\text{мм}$; $l=60\text{мм}$; $f=35\text{мм}$ Пластина: $L=12\text{мм}$; $\varepsilon=80^\circ$	Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-M5
3, 4, 5, 10, 14, 17, 19		Напівчистова TP200	Державка: $d=50\text{мм}$; $l=60\text{мм}$; $f=35\text{мм}$ Пластина: $L=12\text{мм}$; $\varepsilon=80^\circ$	Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-F2

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
3, 5, 10, 14, 17, 19	Різець з механічним кріпленням з чотирьохгранною пластиною	Чистова TP1501	Державка: d=50мм; l=60мм; f=35мм Пластина: L=12мм; ε=80°	Державка C5-DCLCR-35060-12JETI Пластина CCMT120408-MF2
3,8	Різець з механічним кріпленням з чотирьохгранною пластиною	TP1501	Державка: d=50мм; l=60мм; f=35мм Пластина: L=16мм; ε=35°	Державка C5-DVJNR-35060-16JETI Пластина VNMG160404-FF1
7	Різьбовий різець з механічним кріпленням	CP500	Державка: d=50мм; l=60мм; f=35мм Пластина: L=16,5мм	Державка C5-CER-35060-16HD Пластина 16ER1.5ISO
5, 10, 14	Абразивний круг	23A	500x50x305	23A40HCT16K1
22	Кінцева фреза	SIRON-A	d ₁ =11мм; d ₂ =11мм; l ₁ =90мм; l ₂ =34мм	554160Z4.0-SIRON-A
23	Свердло	TiAlN	d ₁ =10,2мм; d ₂ =12мм; l ₁ =102мм; l ₂ =40мм	SD203A-1020-040-12R1-P
23	Мітчик	TiAlN	d ₁ =12мм; d ₂ =9мм; l ₁ =110мм; l ₂ =23мм	MTP-M12X1.75ISO6H-TB-P002
24	Свердло	TiAlN	d ₁ =8,5мм; d ₂ =10мм; l ₁ =89мм; l ₂ =35мм	SD203A-0850-035-10R1-P
24	Мітчик	TiAlN	d ₁ =10мм; d ₂ =10мм; l ₁ =100мм; l ₂ =20мм	MTP-M10X1.50ISO6H-TB-P001

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з вибраних типів інструменту визначаються найбільш напружені умови його експлуатації, що відповідають режиму чорнового різання. З урахуванням параметрів процесу різання – фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, технічних можливостей верстата та прийнятих режимів різання – виконується розрахунок сил різання. Розрахунок режимів різання доцільно здійснювати із застосуванням автоматизованих методів. Після цього

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

проводиться перевірка обраного інструменту на міцність при максимальних навантаженнях, характерних для заданих умов механічної обробки.

Для виконання розрахунків прийнято різець C6-DCLCR-45065-12JETI. Розміри державки – $\varnothing$ 63мм; $l=65$ мм; $f=45$ мм ; матеріал деталі – сталь 40X; $\sigma_B=980$ МПа (≈ 98 кгс/мм²).

Матеріал корпусу різця – вуглецева сталь 50 з $\sigma_B=650$ МПа (≈ 65 кгс/мм²) та допустимим напруженням на вигин $\sigma_{и.д}=200$ МПа (≈ 20 кгс/мм²).

Головну складову сили різання розраховуємо за формулою:

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

Пластина TP40, глибина різання $t=3$ мм, подача різця $S_0=1$ мм/об; швидкість головного руху різання $V=150$ м/хв. $C_{pz}=300$; $X_{pz}=1$; $Y_{pz}=0,75$; $n_{pz}=-0,15$ – загальний поправочний коефіцієнт, $K_{pz}=1$

$$P_z = 10 \times 300 \times 3 \times 1^{0,75} \times 150^{-0,15} \times 1 = 4244.5 \text{ Н} (\approx 424.5 \text{ кгс}).$$

Діаметр D поперечного перерізу корпусу різця визначають за формулою:

$$D = \sqrt[3]{\frac{10 \times P_z \times l}{\sigma_{и.д}}}; \quad (3.2)$$

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

$$D = \sqrt[3]{\frac{10 \times 424.5 \times 65}{20}} = \sqrt[3]{13796.25} = 24 \text{ мм} < 63 \text{ мм}.$$

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

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

На основі параметрів посадочних поверхонь верстата для різального інструменту та параметрів посадочних поверхонь самих різальних інструментів визначаємо типи допоміжних інструментів за міжнародними стандартами для кожного обраного інструменту. Відповідні дані наведені в таблиці 3.4.

Операції проводимо на верстаті Okuma Multus B200II серії A.

Інструментальний комплекс складається за даними таблиць 3.1, 3.3, 2.4 відповідно до технологічної операції.

Поверхні 1-20 – токарна операція.

Державка для корпусу різцевої голівки з овальним трьохгранним конічним хвостовиком C5-390.410-63090C (рис. 3.15).

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

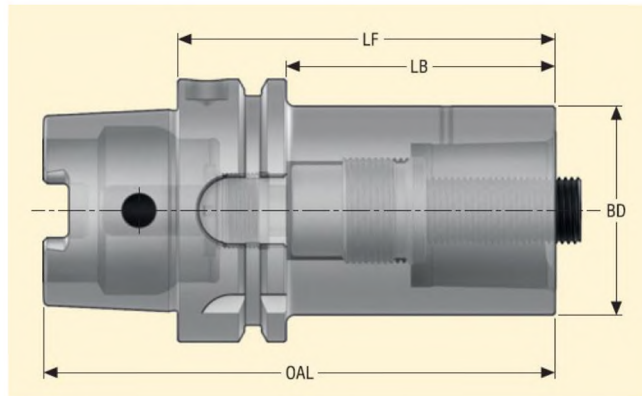


Рисунок 3.15 – Державка C5-390.410-63090C [6]:
LF=90мм; LB=64мм; BD=50мм; OAL=122мм

Поверхня 22 – фрезерна операція. Державка для кінцевої фрези E9304560016130 (рис. 3.16).

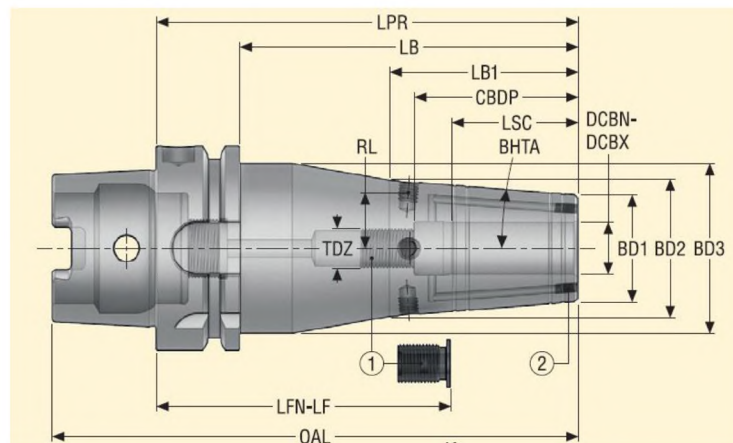


Рисунок 3.16 – Державка E9304560016130 [6]:
LPR=130мм; LB=104мм; LB1=58мм; CBDP=50,5мм; LSC=39мм; BD3=52,5мм;
BD2=42,1мм; BD1=33мм; OAL=162мм; LFN-LF=81-91мм; RL=17мм;
TDZ=M12x1; BHTA=4,5°

Поверхні 23, 24 – свердлильна операція. Свердлильний патрон E9304508513 (рис. 3.17).

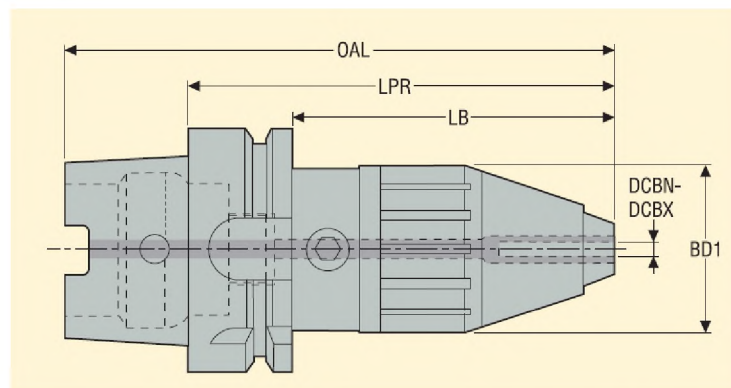


Рисунок 3.17 – Патрон E9304508513 [6]: OAL=142; LPR=110; LB=84; BD1=43

				КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис			

Поверхня 23 – різьбонарізна операція. Цанга – 393.14-25D090X071 (рис. 3.18), патрон – E9304586725128 (рис. 3.19).

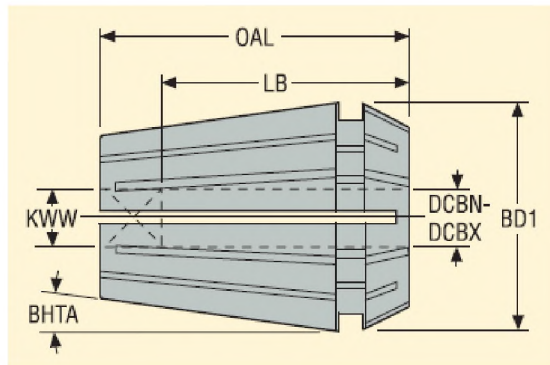


Рисунок 3.18 – Цанга 393.14-25D090X071 [6]:
ER25; LB=22; BD1=25,8; KWW=7,1; OAL=34; BHTA=8°.

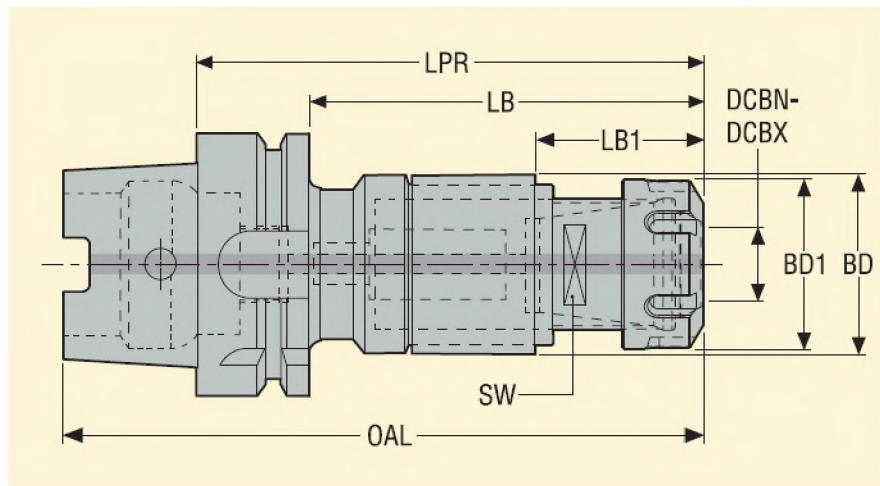


Рисунок 3.19 – Патрон E9304586725128 [6]: LPR=122,5мм; LB=96,5мм;
LB1=37,1мм; BD=44мм; BD1=42мм; OAL=154,4мм; SW=28мм

Поверхня 24 – різьбонарізна операція. Цанга – 393.14-25D100X080 (рис. 3.20), патрон – E9304586725128 (рис. 3.21).

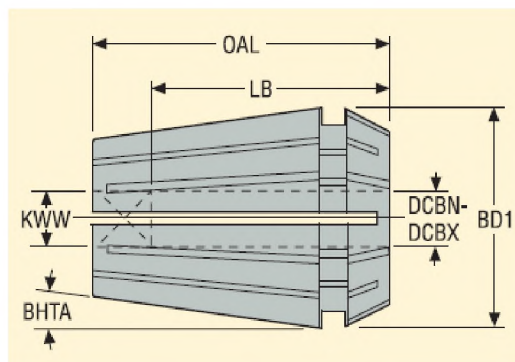


Рисунок 3.20 – Цанга 393.14-25D100X080 [6]: ER25; LB=25; BD1=25,8; KWW=8;
OAL=34; BHTA=8°

					КНУ.КБР.131.26.2-10.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

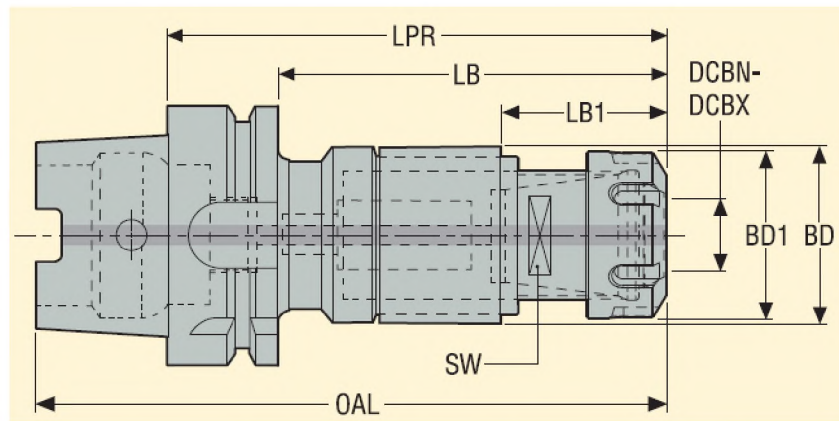


Рисунок 3.15 – Патрон E9304586725128 [6]: LPR=122,5мм; LB=96,5мм; LB1=37,1мм; BD=44мм; BD1=42мм; OAL=154,4мм; SW=28мм

Таблиця 3.4 – Структура інструментального комплексу чи системи

№ з/п пов.	Найменування операції	Металорізальний верстат (тип, модель)	Різальний інструмент (шифр)	Допоміжний інструмент (шифр)
1-7, 9-20	Токарна	OkumaMultus B200II	C5-DCLCR-35060-12JETI	Державка для корпуса C5-390.410-63090C
3, 8	Токарна	OkumaMultus B200II	C5-DVJNR-35060-16JETI	Державка для корпуса C5-390.410-63090C
7	Токарна (різбонарізна)	OkumaMultus B200II	C5-CER-35060-16HD	Державка для корпуса C5-390.410-63090C
22	Фрезерна	OkumaMultus B200II	554160Z4.0-SIRON-A	Державка E9304560016130
23	Свердлильна	OkumaMultus B200II	SD203A-1020-040-12R1-P	Патрон E9304508513
23	Різбонарізна	OkumaMultus B200II	MTP-M12X1.75ISO6H-TB-P002	Цанга 393.14-25D090X071 Патрон E9304586725128
24	Свердлильна	OkumaMultus B200II	SD203A-0850-035-10R1-P	Патрон E9304508513
24	Різбонарізна	OkumaMultus B200II	MTP-M10X1.50ISO6H-TB-P001	Цанга 393.14-25D100X080 Патрон E9304586725128

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – конічної черв'ячної фрези. В якості матеріалу фрези обираємо швидкорізальну сталь марки Р6М5.

Порядок розрахунку:

1. Осьовий шаг зубів $p_{no} = \pi m_n$

$$p_{no} = 3,14 * 6 = 18,84 \text{ мм.}$$

2. Профіль зубів представляє собою рейку, розташовану на твірній початкового конуса, який зіставляє з віссю фрези кут 30° . Твірна цього конуса представляє собою вогнуту криву, стріла прогину якої дорівнює $0,01 \dots 0,02$ модуля. Така форма створює потовщення зубів фрези від її середини до обох торців і дозволяє забезпечити на нарізаних зубцях правильну зону дотику.

3. Товщина зубів на малому діаметрі:

$$s_{omin} = \frac{\pi m_n}{2} + 0,01 m_n$$

$$s_{omin} = \frac{3,14 * 6}{2} + 0,01 * 6 = 9,48 \text{ мм.}$$

На довжині $1/3$ довжини фрези від малого торця:

$$s_o = \frac{\pi m_n}{2}$$

$$s_o = \frac{3,14 * 6}{2} = 9,42 \text{ мм.}$$

На більшому діаметрі:

$$s_{omax} = \frac{\pi m_n}{2} + 0,02 m_n$$

$$s_{omin} = \frac{3,14 * 6}{2} + 0,02 * 6 = 9,54 \text{ мм.}$$

4. Висота голівки зуба: $h_{ao} = 1,25 m_n$

$$h_{ao} = 1,25 * 6 = 7,5 \text{ мм.}$$

5. Висота ніжки зуба: $h_{fo} = 1,2 m_n$

$$h_{fo} = 1,2 * 6 = 7,2 \text{ мм.}$$

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-10.04.ПІАРІ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Шоль</i>			<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>	
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					

6. Загальна висота зуба: $h_o = h_{ao} + h_{fo}$

$$h_o = 7,5 + 7,2 = 14,7 \text{ мм.}$$

7. Радіуси закруглення на голівці та ніжці зуба: $r_1 = r_2 = (0,2 \dots 0,3) m_n$

$$r_1 = r_2 = (0,2 \dots 0,3) * 6 = 1,2 \dots 1,8 \text{ мм.}$$

8. Висота фланку: $h_\phi = 0,8 m_n + h_{ao}$, кут фланка $\alpha_\phi = 5^\circ$

$$h_\phi = 0,8 * 6 + 7,5 = 12,3 \text{ мм.}$$

9. Розміри канавок для виходу шліфувального круга при $m_n > 2 \text{ мм}$ рівні:

$$b_K = 1,0 \dots 2,5 \text{ мм, } h_K = 0,6 \dots 1,5 \text{ мм, } r_K = 0,5 \dots 1,2 \text{ мм.}$$

10. Довжина фрези на твірній початкового конуса:

$$l_K = L \cos \delta_2 - (L - b) \cos \delta_1$$

$$l_K = (529/2) * 0,68 - (403,5/2) * 0,31 = 117,3$$

$$\sin \delta_1 = \frac{r_{bc} - \frac{192}{403,5/2}}{r_{ic}} = 0,95$$

$$\cos \delta_1 = \sqrt{1 - \sin^2 \delta_1} = \sqrt{1 - 0,95^2} = 0,31$$

$$\sin \delta_2 = \frac{r_{bc} - \frac{192}{529/2}}{L} = 0,73$$

$$\cos \delta_2 = \sqrt{1 - \sin^2 \delta_2} = \sqrt{1 - 0,73^2} = 0,68.$$

Радіус основної окружності плоского колеса:

$$r_{bc} = 0,5 m_n z_c$$

$$r_{bc} = 0,5 * 6 * 64 = 192 \text{ мм.}$$

Внутрішній радіус плоского колеса:

$$r_{ic} = 403,5/2 = 201,75 \text{ мм.}$$

Для забезпечення повного нарізання колеса довжина твірної:

$$l_1 = l_K + \frac{\pi m_n}{2} = 117,3 + \frac{3,14 * 6}{2} = 126,7 \text{ мм.}$$

11. Повна довжина фрези:

$$L = l_1 \cos 30^\circ + l_2 + 80$$

$$L = 126,7 * \cos 30^\circ + l_2 + 80 = 109,73 + 15 + 80 = 204,73,$$

де l_2 – довжина перехідної частини між хвостовиком та робочою частиною фрези.

Приймаємо $l_2 = 15 \text{ мм}$

12. Малий початковий діаметр фрези:

$$d_{woi} = \frac{m_n}{\operatorname{tg} \gamma_{io}} = \frac{6}{\operatorname{tg} 5^\circ} = 68,58 \text{ мм,}$$

де $\operatorname{tg} \gamma_{io}$ – кут підйому гвинтової лінії у малого діаметра

Звичайно $\gamma_{io} = 3 \dots 7^\circ$. Прийmemo $\gamma_{io} = 5^\circ$.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

13. Малий зовнішній діаметр фрези

$$d_{aoi} = d_{woi} + 2 \frac{h_{ao}}{\cos 30^\circ} = 68,58 + 2 \frac{7,5}{\cos 30^\circ} = 85,9 \text{ мм.}$$

14. Великий зовнішній діаметр фрези

$$d_{aoe} = d_{aoi} + 2l_1 \sin 30^\circ = 85,9 + 2 * 126,7 * 0,5 = 212,6 \text{ мм.}$$

15. Зовнішній діаметр, вимірюваний на середині ріжучої частини

$$d_{ao \text{ ср}} = \frac{d_{aoe} + d_{aoi}}{2} = \frac{85,9 + 212,6}{2} = 149,25 \text{ мм.}$$

16. Задній кут на вершині фрези на середині ріжучої частини $\alpha_{аср} = 10^\circ$.
Передній кут $\gamma = 0^\circ$

17. Число зубів $z_0 = 8$

18. Величина затилування

$$K = \frac{\pi d_{ao \text{ ср}}}{z_0} \tan \alpha_{аср} = \frac{3,14 * 149,25}{8} \tan 10^\circ = 10,3 \text{ мм.}$$

Величина другого затилування $K_1 = 1,5K = 1,5 * 10,3 = 15,45 \text{ мм.}$

19. Задній кут на більшому діаметрі фрези

$$\tan \alpha_{ae} = \frac{\pi d_{ao \text{ ср}}}{z_0} = \frac{3,14 * 149,25}{8} = 58,6.$$

$$\alpha_{ae} = 89^\circ$$

20. Задній кут на малому діаметрі фрези

$$\tan \alpha_{ai} = \frac{K z_0}{\pi d_{aoi}} = \frac{10,3 * 8}{3,14 * 85,9} = 0,3.$$

$$\alpha_{ai} = 16,7^\circ$$

Кути α_{ae} та α_{ai} повині бути не менш ніж $4 \dots 6^\circ$.

21. Глибина стружечної канавки $H = h_0 + K_1 + r$, де радіус дна стружечної канавки $r = 0,75 \dots 1,0 \text{ мм.}$

$$H = 14,7 + 15,45 + 0,85 = 31 \text{ мм.}$$

22. Кут профілю стружкової канавки приймається рівним 22° . Канавки вздовж твірних конуса виконуються розширюючимися до більшого діаметра.

$F = 20 \text{ мм}$ – ширина пера у більшого діаметра.

$a = 12 \text{ мм}$ – величина розширення.

Параметри шорсткості поверхні конічної черв'ячної фрези:

$R_z 3,2$ – передня поверхня та задні поверхні зубів

$R_a 0,63$ – хвостовик

Допуски та граничні відхилення конічної черв'ячної фрези:

половина кута профілю – $\pm 10''$

					КНУ.КБР.131.26.2-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

прямолінійність сторін профілю – 0,020

Товщина зубів:

обох крайніх – $\pm 0,08$

середнього – $\pm 0,02$

Радіальне биття по вершинам зубів – 0,03

Прямолінійність передньої поверхні – 25'

Різниця сусідніх окружних кроків – 0,08

Половина кута конуса по вершинам зубів – $\pm 8'$

Радіальне биття хвостової частини – 0,015max.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Було виконано інженерний аналіз спроектованої конічної черв'ячної фрези з використанням модуля SOLIDWORKS Simulation. Дослідження здійснено в рамках статичного структурного аналізу. Об'єктом дослідження виступала конічна черв'ячна фреза, виготовлена зі сталі марки 1.2311 (40CrMnMo7), яка за своїми властивостями є аналогом інструментальної сталі P6M5.

Конусна черв'ячна фреза використовується для нарізання зубчастих коліс методом обкатки. Процес різання базується на відносному русі заготовки та інструмента, що імітує зачеплення черв'яка і зубчастого колеса.

Основні явища: контактні напруження у зоні різання; згин зуба; тертя та тепловиділення; циклічне навантаження.

Найбільш навантаженою є зона кореня зуба, де виникає концентрація напружень.

На початку аналізу прикладаємо крутний момент та силу різання до фрези й будуємо сітку кінцевих елементів (рис. 4.1) після чого запускаємо розрахунок.

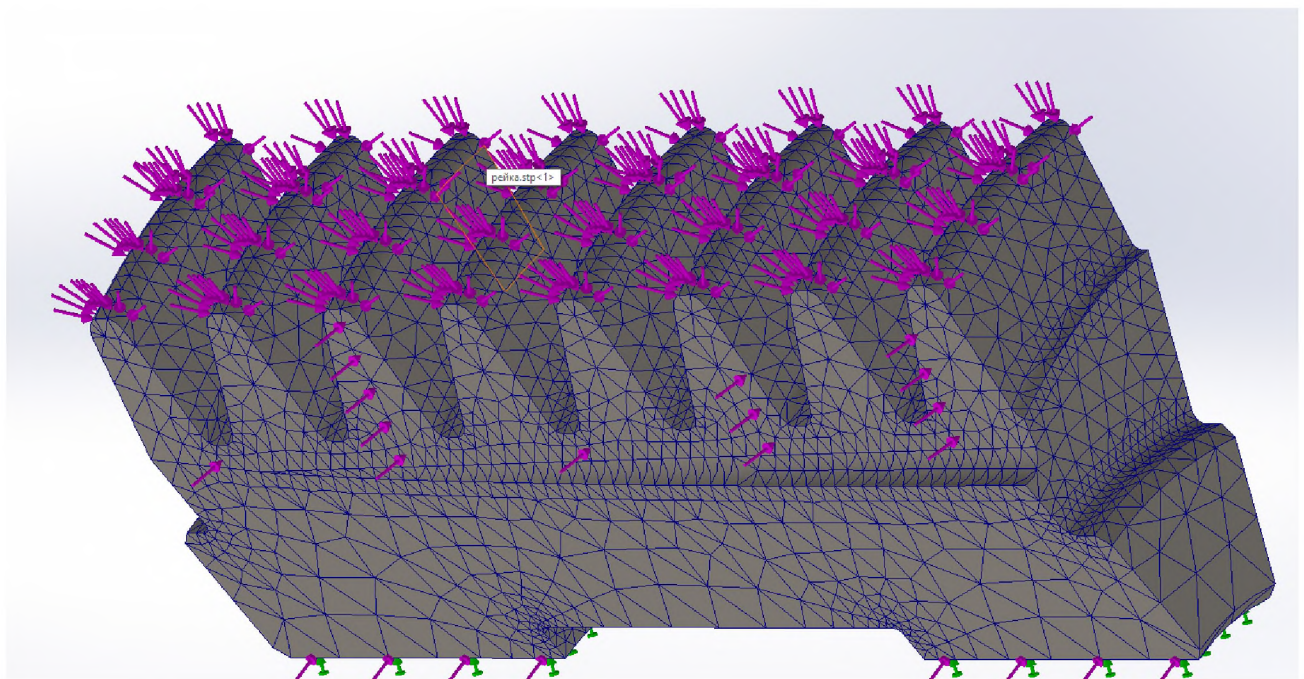


Рисунок 4.1 – Сітка кінцевих елементів

					КНУ.КБР.131.26.2-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

4.2.1 Аналіз напружень (епюра Von Mises)

Максимальне напруження $\sigma_{\max} = 1.403 \times 10^9$ Па перевищує границю текучості матеріалу.

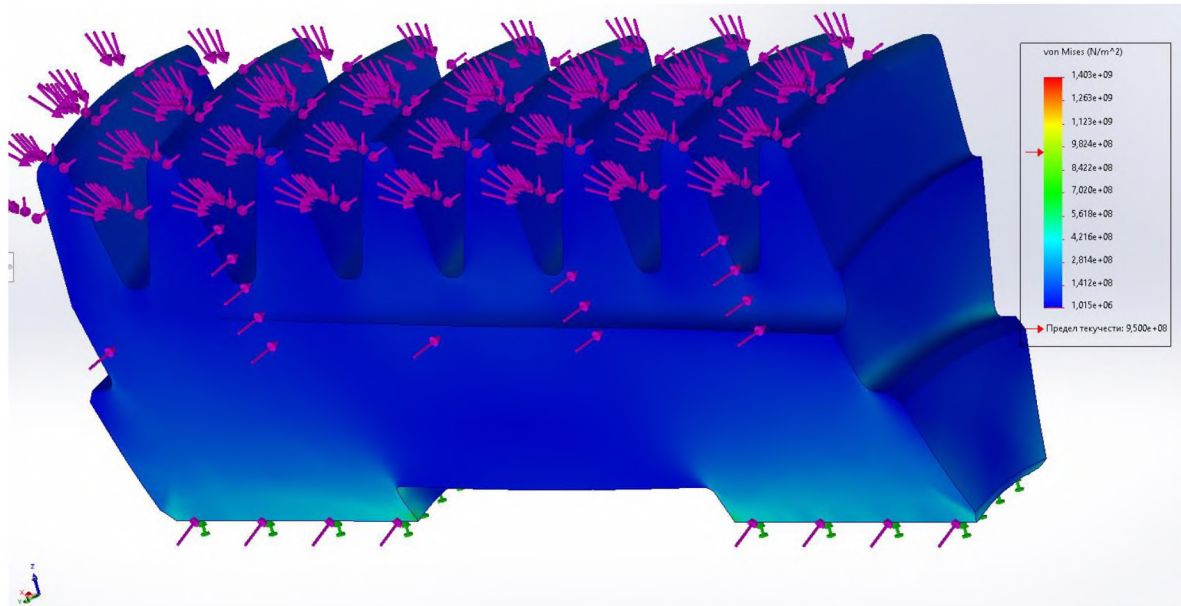


Рисунок 4.2 – Епюра напружень (Von Mises) конічної черв'ячної фрези

Епюра напружень демонструє значну концентрацію в зоні основи зуба, що є типовим для зубчастих інструментів (рис. 4.2). Причинами є: геометричні концентратори (перехідні радіуси); дія згинальних і контактних напружень; вплив крутного моменту. Це свідчить про розвиток пластичних деформацій і можливе зародження тріщин.

4.2.2 Аналіз переміщень

Максимальне переміщення становить 0.265 мм.

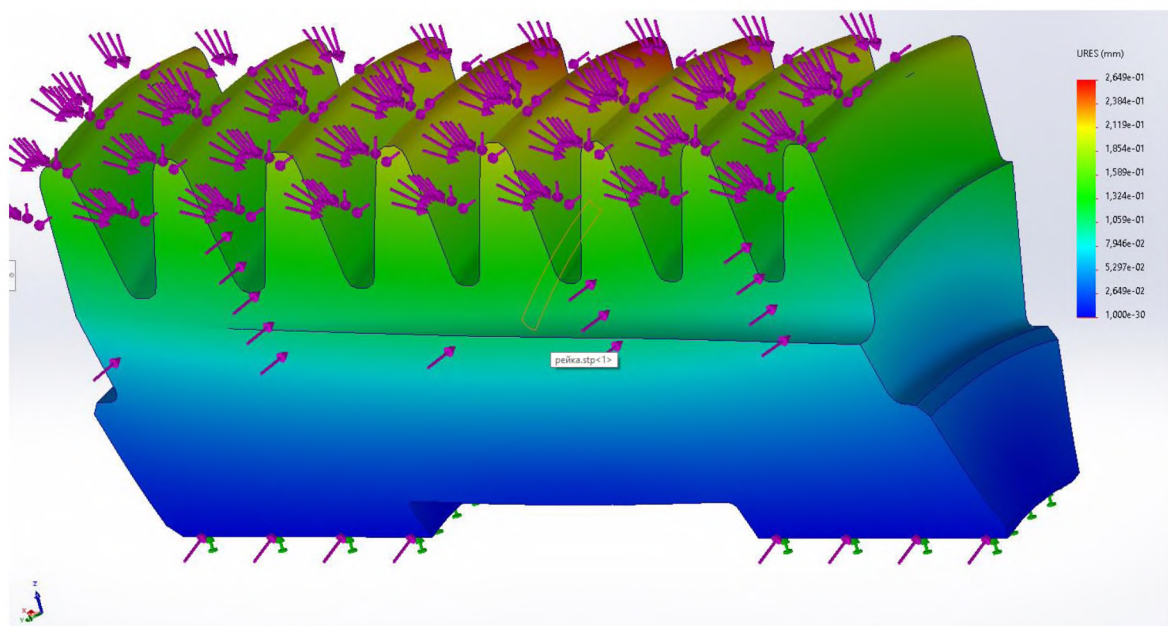


Рисунок 4.3 – Епюра переміщень конічної черв'ячної фрези

					КНУ.КБР.131.26.2-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Епюра переміщень показує плавне зростання від закріплених зон до вершини зуба (рис. 4.3). Це характерно для консольної роботи зуба. Вплив: зниження точності різання; можливе порушення контакту; нерівномірне навантаження.

4.2.3 Аналіз деформацій

Максимальна деформація: $\varepsilon_{\max} = 4.762 \times 10^{-3}$.

Локалізація деформацій співпадає з зонами максимальних напружень (рис. 4.4). Це свідчить про перехід матеріалу в пластичну область.

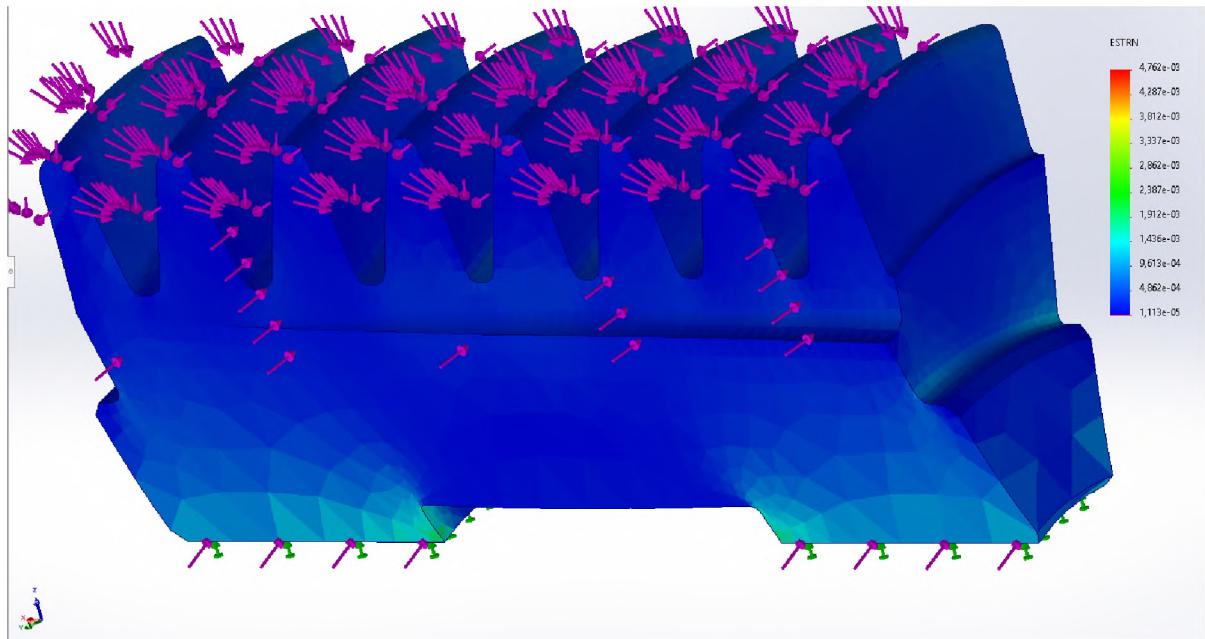


Рисунок 4.4 – Епюра деформацій конічної черв'ячної фрези

4.2.4 Механіка руйнування

Перевищення границі текучості призводить до накопичення пластичних деформацій. Ймовірний механізм руйнування: 1) зародження мікротріщин у зоні концентрації напружень; 2) розвиток втомних тріщин; 3) крихке або втомне руйнування зуба.

Особливо небезпечні циклічні навантаження.

Коефіцієнт запасу: $n = \sigma_{\text{тек}} / \sigma_{\text{max}} = 9.5 \times 10^8 / 1.403 \times 10^9 \approx 0.68$.

$n < 1$ – конструкція не відповідає умовам міцності.

4.2.5 Загальний висновок та рекомендації

Сегмент зуба працює в умовах перевищення допустимих напружень. Конструкція є недостатньо міцною та потребує оптимізації.

Рекомендації:

1. Збільшити радіуси заокруглення біля основи зуба.
2. Використати більш міцний матеріал або термообробку.
3. Оптимізувати геометрію зуба.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Для виконання токарної обробки деталі «Вал-шестерня» було розроблено керуючу програму та виконано моделювання повного технологічного процесу з використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Виготовлення деталі передбачено на токарно-фрезерному верстаті з числовим програмним керуванням моделі Okuma Multus B200II, технічні характеристики якого наведені в розділі 2.

Керування роботою верстата здійснюється системою ЧПК OKUMA OSP-P300S (див. табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК OKUMA OSP-P300S

Параметр/характеристика	Опис
1	2
Тип системи	Інтелектуальна система числового програмного керування (CNC) для токарних та багатофункціональних верстатів
Архітектура	Відкрита архітектура на базі операційної системи Windows
Процесор	Intel Dual Core або аналогічний високопродуктивний процесор
Накопичувач даних	HDD або SSD (приблизно 120 GB і більше залежно від комплектації)
Інтерфейс користувача	OSP Suite – сучасний графічний інтерфейс з роботою з одного екрана
Комунікаційні інтерфейси	Ethernet (LAN), USB-порти для передачі програм та даних
Програмна пам'ять	Розширена пам'ять для зберігання NC-програм та технологічних даних
Інтерактивне програмування	IGF (Intelligent Graphical Function) – графічне програмування обробки
Система запобігання зіткненням	CAS (Collision Avoidance System) – контроль можливих зіткнень інструмента та вузлів верстата
Мережева інтеграція	Підключення до локальних мереж підприємства та систем керування виробництвом (MES/ERP)
База даних інструментів	Єдина база даних для інструментів, зміщень і технологічних параметрів

					КНУ.КБР.131.26.2-10.05.МПОМО				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Шоль			Моделювання та програмування операцій механічної обробки		Літ.	Арк.	Арх.шіт
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.							Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск		
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							

Продовження таблиці 5.1

1	2
Моделювання обробки	Вбудована графічна симуляція траєкторії інструмента
Моніторинг стану верстата	Відображення стану машини та повідомлення про помилки
Безпека системи	Вбудовані засоби захисту від вірусів і несанкціонованого доступу
Призначення версії P300S	Орієнтована на багатофункціональні токарно-фрезерні центри

Переваги системи:

- висока швидкість обробки даних та стабільність роботи;
- зручний графічний інтерфейс для оператора;
- інтеграція з CAD/CAM та виробничими мережами;
- зменшення часу підготовки виробництва завдяки інтерактивному програмуванню.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Під час розроблення керуючої програми для обробки деталі «Вал-шестерня» було здійснено поетапне моделювання повного технологічного процесу в середовищі FeatureCAM. З урахуванням технічних можливостей верстата Okuma Multus B200II та характеристик металорізального інструменту (див. розділ 3) визначено раціональну послідовність виконання технологічних операцій. Крім того, виконано перевірку прийнятих технологічних рішень з метою підтвердження їхньої правильності та обґрунтованості.

На рисунках 5.1-5.8 представлено основні етапи симуляції обробки деталі «Вал-шестерня» та результати моделювання, що підтверджують відповідність розробленого технологічного процесу встановленим вимогам щодо точності обробки та ефективності виробництва.

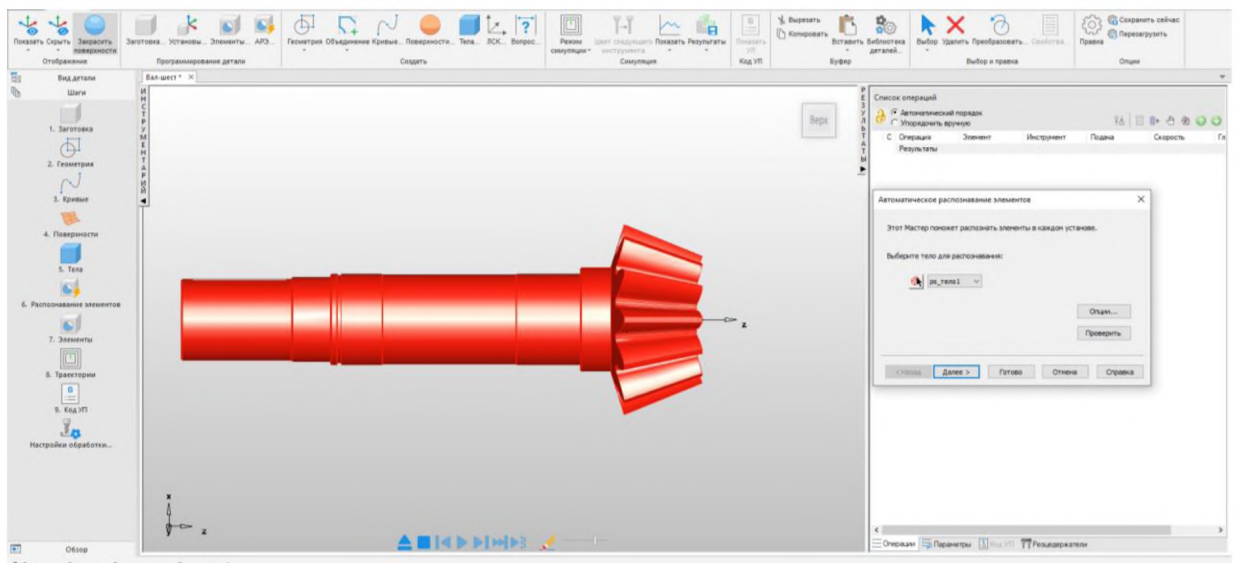


Рисунок 5.1 – Модель вал-шестерні у FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.26.2-10.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

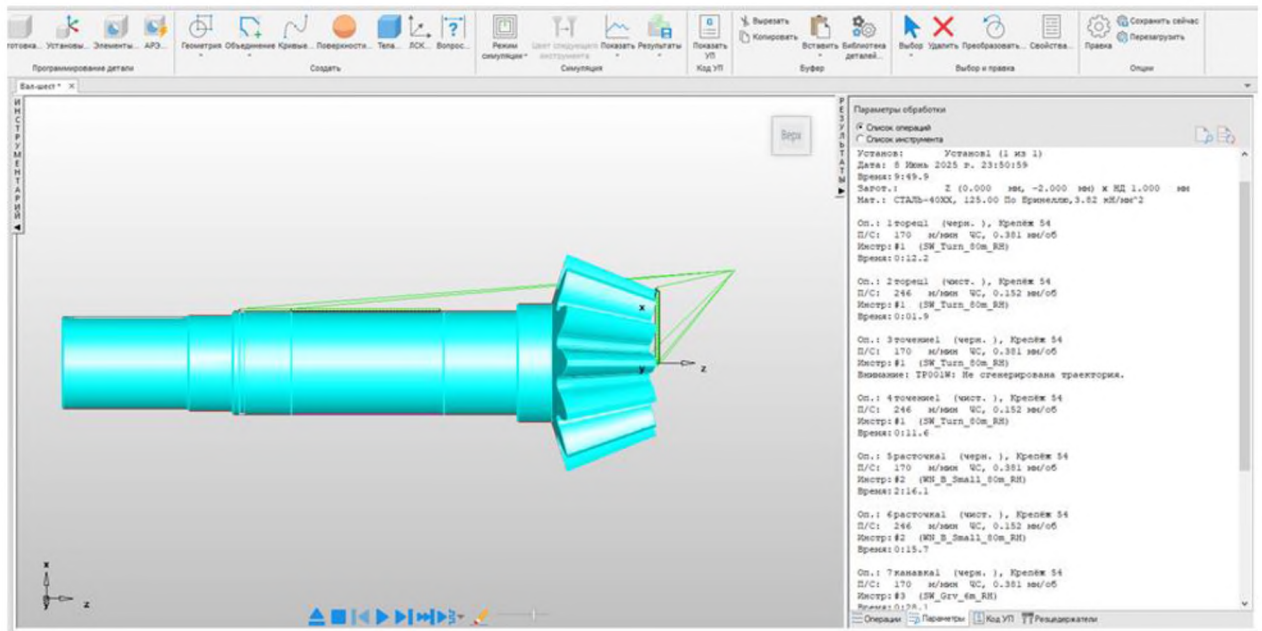


Рисунок 5.2 – Траектория ruchu інструменту та параметри обробки

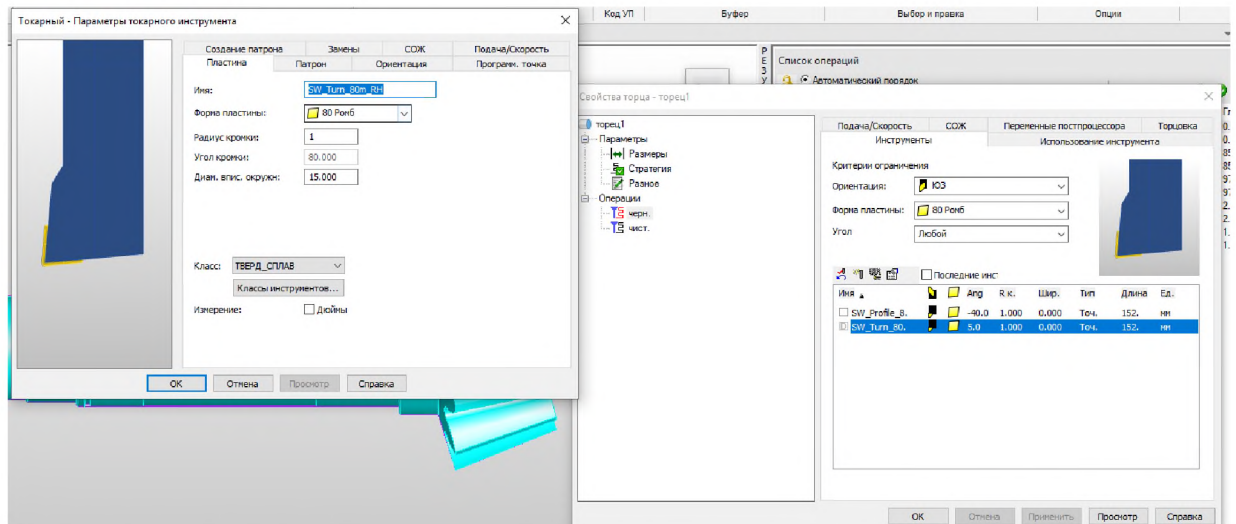


Рисунок 5.3 – Підбір металорізального інструменту – різець проходінний

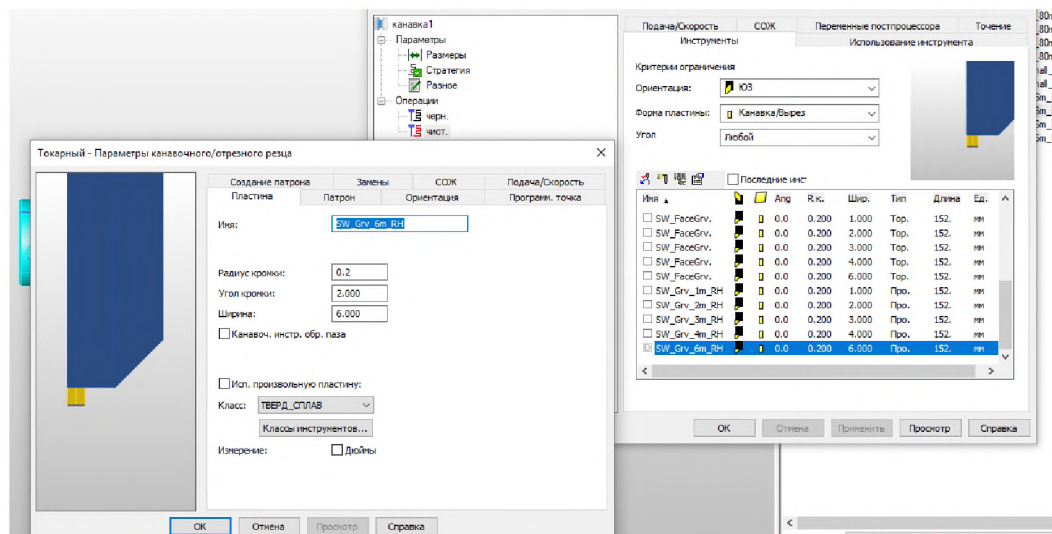


Рисунок 5.4 – Підбір металорізального інструменту – різець канавочний

					КНУ.КБР.131.26.2-10.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

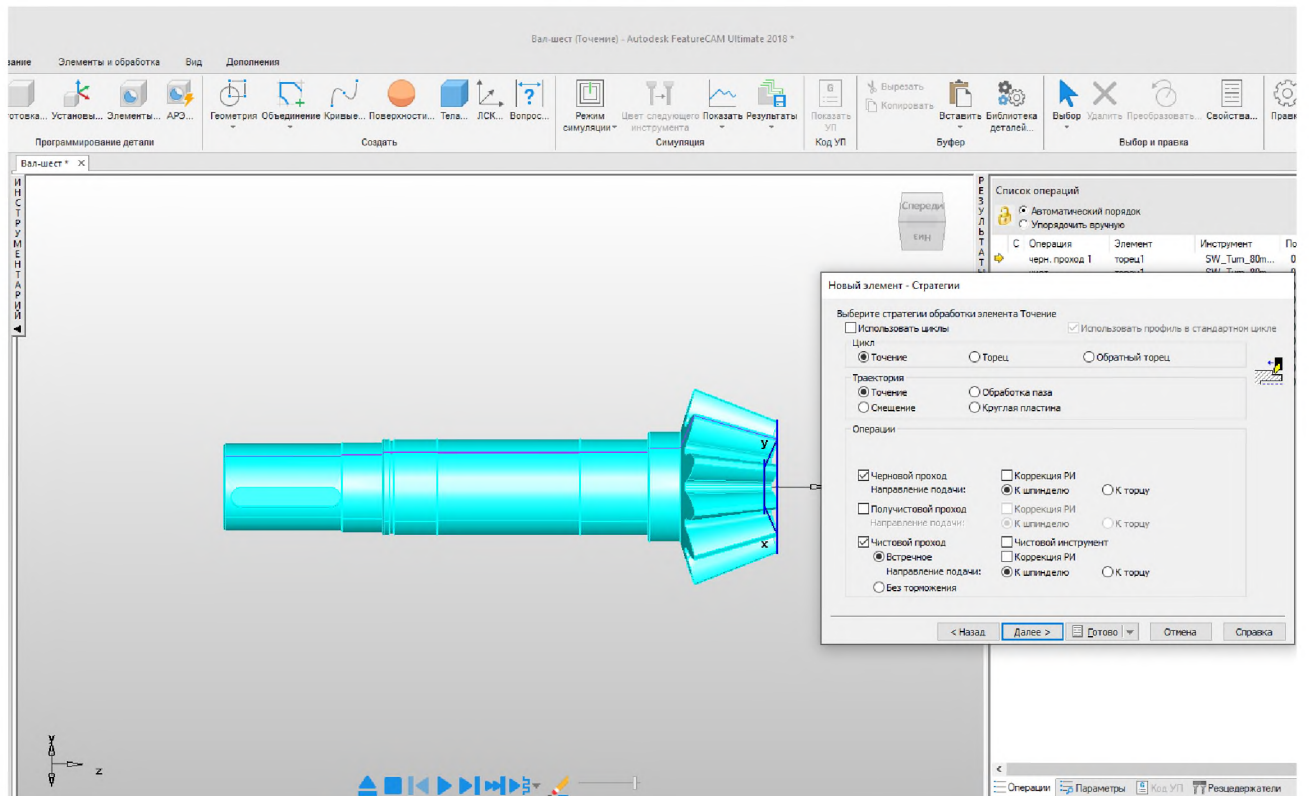


Рисунок 5.5 – Аналіз та вибір стратегії обробки деталі

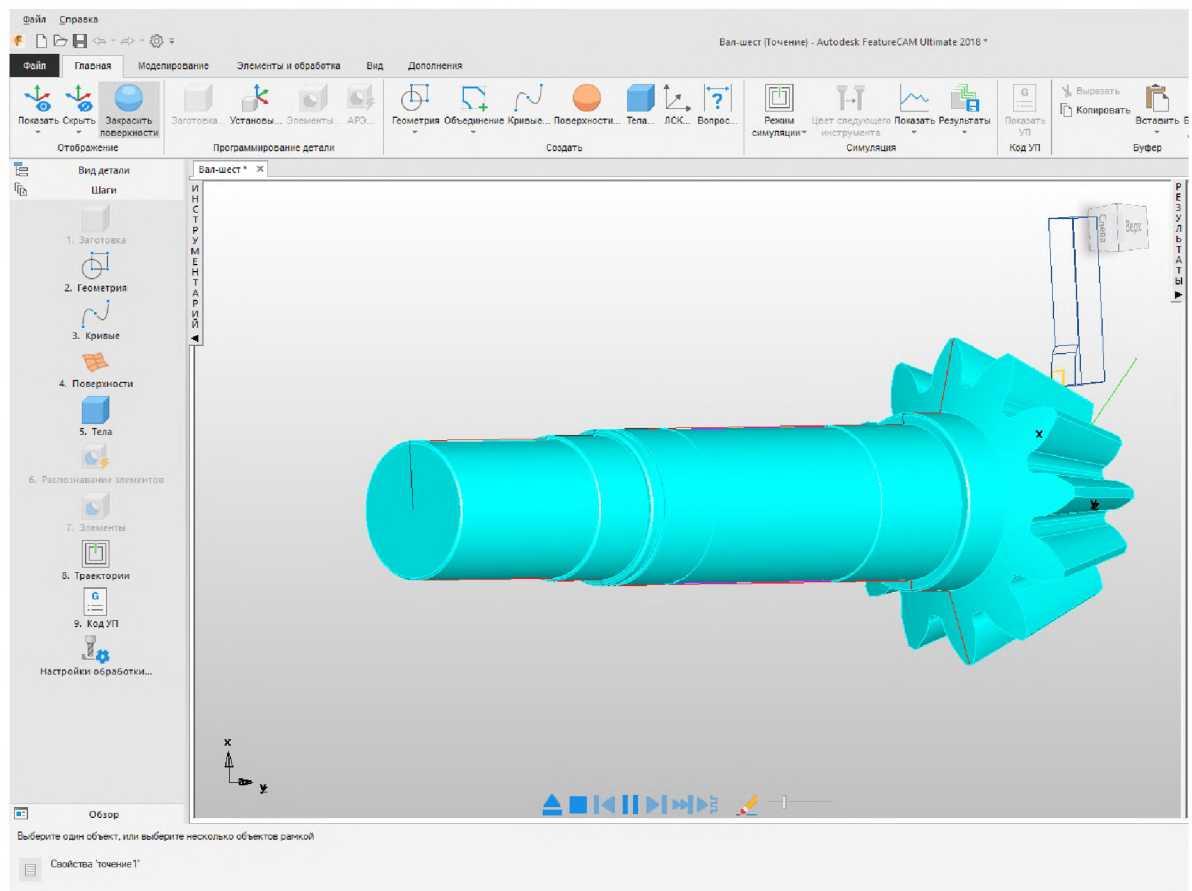


Рисунок 5.6 – Процес обробки деталі прохідним різцем

					КНУ.КБР.131.26.2-10.05.МПМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

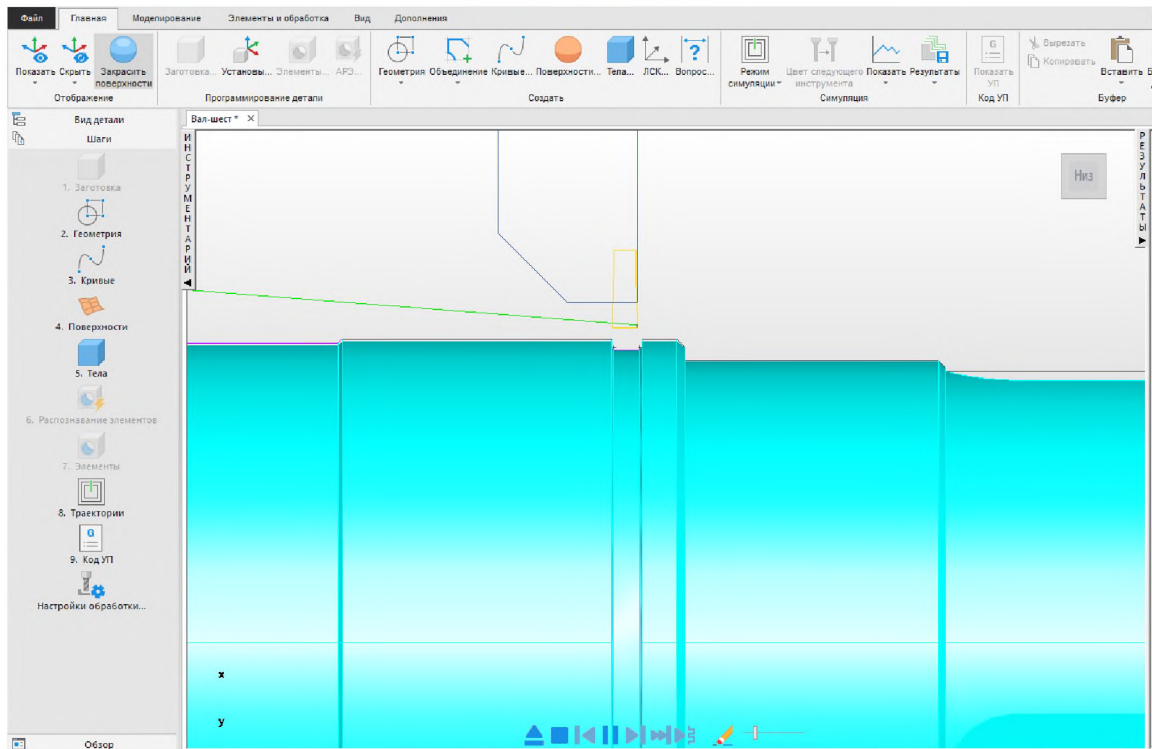


Рисунок 5.7 – Процесс обработки детали в FeatureCAM резцом канавочным

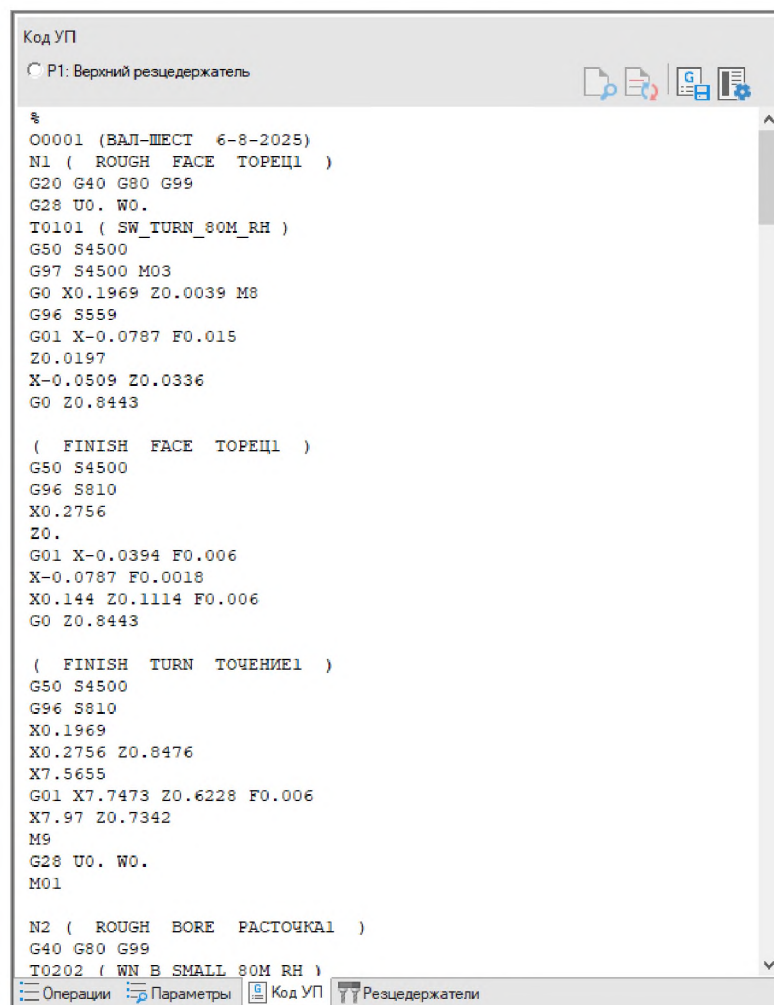


Рисунок 5.8 – Фрагмент КП обработки детали

					КНУ.КБР.131.26.2-10.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Виконано економічне обґрунтування та розраховано собівартість виготовлення деталі «Вал-шестерня» для двох альтернативних варіантів технологічного процесу механічної обробки. Проведено аналіз доцільності модернізації виробництва, що передбачає заміну фізично та морально застарілого обладнання – токарних верстатів моделей 16К20 і 16К20Ф3 – на сучасний токарно-фрезерний багатофункціональний верстат Okuma Multus B200II.

Результати виконаних економічних розрахунків, а також визначення строку окупності інвестиційного проєкту наведено в таблицях 6.1-6.4. Зокрема, у табл. 6.1 подано вихідні дані, необхідні для проведення економічного аналізу; у табл. 6.2 наведено допоміжні розрахункові показники, використані в обчисленнях; табл. 6.3 містить дані щодо собівартості річного випуску деталей та обсягу необхідних капітальних вкладень; у табл. 6.4 представлено загальні виробничі витрати, очікуваний річний економічний ефект і строк окупності запропонованого проєкту модернізації.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Вихідні дані			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16К20	16К20Ф3	Okuma Multus B200II
Деталь			
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500		1500
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z, рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	35	22	42
Час наладки верстата, хв.	16	16	22
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту			
	5		5
	4	4	2
	3	3	5
	4	4	4
Кількість кадрів програми, шт.	125		350
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	452		452

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ					
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата						
Розроб.		Шоль			Організаційно- економічна підготовка виробництва			Літ.	Арк.	Архшів
Перевір.		Нечаєв								
Реценз.								Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск		
Н. контр.		Нечаєв								
Зав. каф.		Рязанцев								

Продовження таблиці 6.1

Вартість комплекту спец. пристосувань К _{пр} , грн	50000	55000	55000
Оптова ціна на прокат одного УСП Ц _{усп} , грн			
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	1,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	90	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	3	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k _т	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.		8,9	8,9
Вартість розробки ПК К _{пк} , грн.		1112,5	3115
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника Н _{ст}	130	130	130
наладчика Н _{нал}	135	135	135
наладчика інструмента Н _{ін}	120	120	120
контролера Н _к	115		115
Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	6,875	6,875	4,5
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,545 x 2,01	5,545 x 2,01	2,582x3,385
Габарити пристрою ЧПК, м		0,5 x 0,5	0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			OKUMA OSP- P300S
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рц} , років	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	11	14	12
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R _м	18,6	18,6	26,86
електротехнічної частини R _е	13,4	13,4	18,8

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	495000	3435000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,7	0,65	0,9
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	9,0	9,0	8,7
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.		0,25	0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.			
механічної частини Н _м	401	401	272
електротехнічної частини Н _е	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.	0	1950	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	3,5	3,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Ф _{об} , год	4055	4055	3935
Виробничі та інші площі			
Вартість 1 м. кв. площі механічної Ц _{пл.зд} , грн	500		500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Ц _{сл. поб} , грн	1000		1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого А _б , м. кв.	7		7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Н _{пл} , грн.	180	180	200

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників			
Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	16K20	16K20Ф3	Okuma Multus B200П
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	700	600	1200
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,33333	5,3333333	7,333333333
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0	0,00	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	58,1	49,8	99,6
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,38	0,32	0,32
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0039
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,01075
(дійсна)	0	0	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,03	0,03	0,05
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,11	0,17
(дійсна)	0	1	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,25	0,18	0,34

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = I_3 + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k$											
де I_3 – зарплатня верстатника; I_n – зарплатня за наладку верстата; I_{in} – зарплатня налагоджувальника інструмента поза верстатом; $I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплатня контролера											
										C_1 на деталь = 259,83 C_2 на деталь = 162,92	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 278624 + 2264,37 + 0,00 + 370,83 + 39200 + 0 + 8194,02 + 2647,46 + 42000 + 3689,7 + 351 + 12408,50 = 389749,70$											
$C_2 = 129645 + 1556,76 + 234,00 + 1038,33 + 20533,3 + 0 + 36046,89 + 3024,00 + 35000 + 5175,4 + 664,77 + 11454,00 = 244372,82$											
Капітальні вкладення споживача											
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$											
де K_6 – балансова вартість верстата, грн; $K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.; $K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.; $K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.; $K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.; $K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.											
K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 178644 + 7354 + 42000 + 56102 + 105000 + 1112,5 = 390213$											
$K_2 = 680130 + 2832 + 28000 + 43210 + 55000 + 3115 = 812286,92$											

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

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
448282	389750	0,15	390213
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
366216	244373	0,15	812287

Річний економічний ефект		
$E = Z_1 - Z_2$		
82066	448282	366216

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
2,90	812287	390213	389750 244372,8

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За підсумками проведених розрахунків визначено, що впровадження сучасного верстата з ЧПК замість чотирьох застарілих одиниць обладнання забезпечує суттєве зменшення часу обробки деталей. Запропонований варіант модернізації є економічно доцільним, оскільки термін окупності капіталовкладень складе 2,9 роки, а прогнозований річний економічний ефект становить 82066 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при зубофрезерних операціях

Зубофрезерні операції є одним із ключових процесів механічної обробки металів у машинобудуванні, що супроводжуються впливом комплексу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працівників та навколишнє середовище. Екологічні аспекти та питання охорони праці при цьому виді обробки регламентуються як національними, так і міжнародними нормативно-правовими актами, зокрема Законом України «Про охорону праці», Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища», ДСТУ, ДБН, а також санітарними нормами і правилами.

У процесі зубофрезерування основними джерелами екологічного навантаження є: утворення металевої стружки, використання мастильно-охолоджувальних рідин (МОР), виділення аерозолів, шум, вібрації та теплове забруднення. Металева стружка, хоча і є вторинною сировиною, потребує правильного збирання, сортування та утилізації відповідно до вимог ДСТУ 4121-2002 щодо поводження з металобрухтом. Недотримання цих норм може призводити до забруднення ґрунтів і водних ресурсів.

Особливу екологічну небезпеку становлять мастильно-охолоджувальні рідини, які містять нафтові компоненти, емульгатори та біоциди. При неправильному поводженні вони можуть потрапляти у каналізацію або ґрунт, що суперечить вимогам Водного кодексу України та санітарним нормам ДСанПіН. Відпрацьовані МОР повинні підлягати регенерації або утилізації спеціалізованими підприємствами згідно з Ліцензійними умовами поводження з небезпечними відходами.

З точки зору охорони праці, зубофрезерні операції пов'язані з низкою небезпечних факторів: механічні травми від рухомих частин верстата, ураження стружкою, підвищений рівень шуму (часто понад 80 дБ), вібрація, а також вплив аерозолів МОР на органи дихання. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99 встановлюються гранично допустимі рівні шуму, а також передбачаються заходи щодо його зниження (екрани, шумоізоляція, використання засобів індивідуального захисту).

Організація безпечних умов праці регламентується НПАОП (Нормативно-правові акти з охорони праці), зокрема правилами безпеки при роботі з металорізальними верстатами. Передбачено обов'язкове використання захисних кожухів, блокувальних пристроїв, систем аварійної зупинки. Працівники повинні проходити інструктажі, навчання та медичні огляди відповідно до наказів Міністерства охорони здоров'я України.

Важливим аспектом є вентиляція виробничих приміщень. Згідно з ДБН В.2.5-67:2013, у цехах механічної обробки повинні бути передбачені системи

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

загальнообмінної та місцевої витяжної вентиляції для видалення аерозолів і шкідливих парів. Недостатня вентиляція може призводити до перевищення гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Рациональне природокористування при зубофрезерних операціях передбачає впровадження маловідходних і ресурсозберігаючих технологій. Це включає використання сухого різання або мінімальної кількості мастильно-охолоджувальних рідин (MQL-технології), повторне використання стружки, енергоефективне обладнання. Такі заходи відповідають принципам сталого розвитку та вимогам міжнародних стандартів серії ISO 14000.

Окрему увагу слід приділити утилізації відходів. Відходи поділяються на небезпечні та не небезпечні відповідно до класифікатора відходів. Для небезпечних відходів (забруднені МОР, фільтри, ганчір'я) необхідне ведення обліку, паспортизація та передача ліцензованим організаціям. Це регламентується Законом України «Про відходи» та відповідними підзаконними актами.

Таким чином, екологія виробництва та охорона праці при зубофрезерних операціях є комплексною проблемою, що охоплює технічні, організаційні та правові аспекти. Ефективне забезпечення безпеки праці та мінімізація негативного впливу на довкілля можливі лише за умови дотримання чинних нормативних документів, впровадження сучасних технологій та підвищення рівня екологічної свідомості персоналу.

					КНУ.КБР.131.26.2-10.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У бакалаврській випускній роботі виконано комплексне дослідження та розроблення спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня» з проведенням інженерного аналізу із застосуванням сучасних CAD/CAM/CAE систем. У ході роботи проведено аналіз вихідних даних, визначено конструктивні та технологічні особливості деталі, яка є одним із ключових елементів конічного одноступінчастого кутового редуктора Н091.20.000. Встановлено основні вимоги до точності, жорсткості та надійності деталі в умовах експлуатації. Виконано розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання, що забезпечує необхідну посадку та передачу крутного моменту.

У роботі досліджено службове призначення деталі та проведено аналіз якості її основних поверхонь. На основі аналізу конструкції й технологічності визначено раціональний технологічний процес виготовлення деталі, а також здійснено вибір сучасного металорізального обладнання для забезпечення високої продуктивності та точності механічної обробки.

Виконано підбір металорізальних та допоміжних інструментів для обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня». Особливу увагу приділено проектуванню спеціального різального інструменту – конічної черв'ячної фрези. Проведено її геометричний та конструктивний розрахунок з урахуванням умов різання та особливостей зубофрезерної операції. За допомогою системи SolidWorks Simulation виконано інженерний аналіз фрези, досліджено розподіл напружень, деформацій та переміщень. Результати аналізу підтвердили працездатність і достатню жорсткість конструкції інструменту в умовах експлуатації.

У середовищі Autodesk FeatureCAM виконано моделювання та програмування операцій механічної обробки деталі на багатофункціональному верстаті моделі Okuma Multus B200II. Розроблено керуючі програми для токарної обробки, що дозволяє забезпечити автоматизацію виробничого процесу, скорочення часу виготовлення та підвищення точності обробки.

У економічній частині роботи визначено основні техніко-економічні показники запропонованого технологічного рішення. Встановлено, що впровадження розробленого процесу є економічно доцільним, оскільки строк окупності становить 2,9 року, а очікуваний економічний ефект – 82066 грн. Також розглянуто питання екології виробництва та охорони праці під час виконання зубофрезерних операцій, запропоновано заходи щодо підвищення безпеки праці та зменшення негативного впливу виробничих факторів на персонал.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-10.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Шоль</i>						
<i>Перевір.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. контр.</i>	<i>Нечаєв</i>						
<i>Зав. каф.</i>	<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
						<i>Архів</i>	
						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог SECO «Токарна обробка», 2020р.
2. Каталог SECO «Нарізування різьб», 2020р.
3. Каталог SECO «Суцільні кінцеві фрези», 2020р.
4. Каталог SECO «Обробка отворів», 2020р.
5. DIN ISO 603 - шліфувальні круги
6. Каталог SECO "Допоміжний інструмент», 2020р.
7. 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.
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. Каталог інструментів фірми SUMITOMO: «Токарна обробка», 2015р.
14. Каталог допоміжного інструменту фірми EROGLU.
15. 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.
16. 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.
17. 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.
18. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.26.2-10.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.	Шоль						
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Зав. каф.	Рязанцев				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-23ск</i>		

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь
деталі «Вал-шестерня» конічного одноступінчастого кутового
редуктора та його інженерний аналіз за допомогою САЕ-систем

Виконав здобувач гр. ПМ-23ск

(підпис)

Володимир ШОЛЬ

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

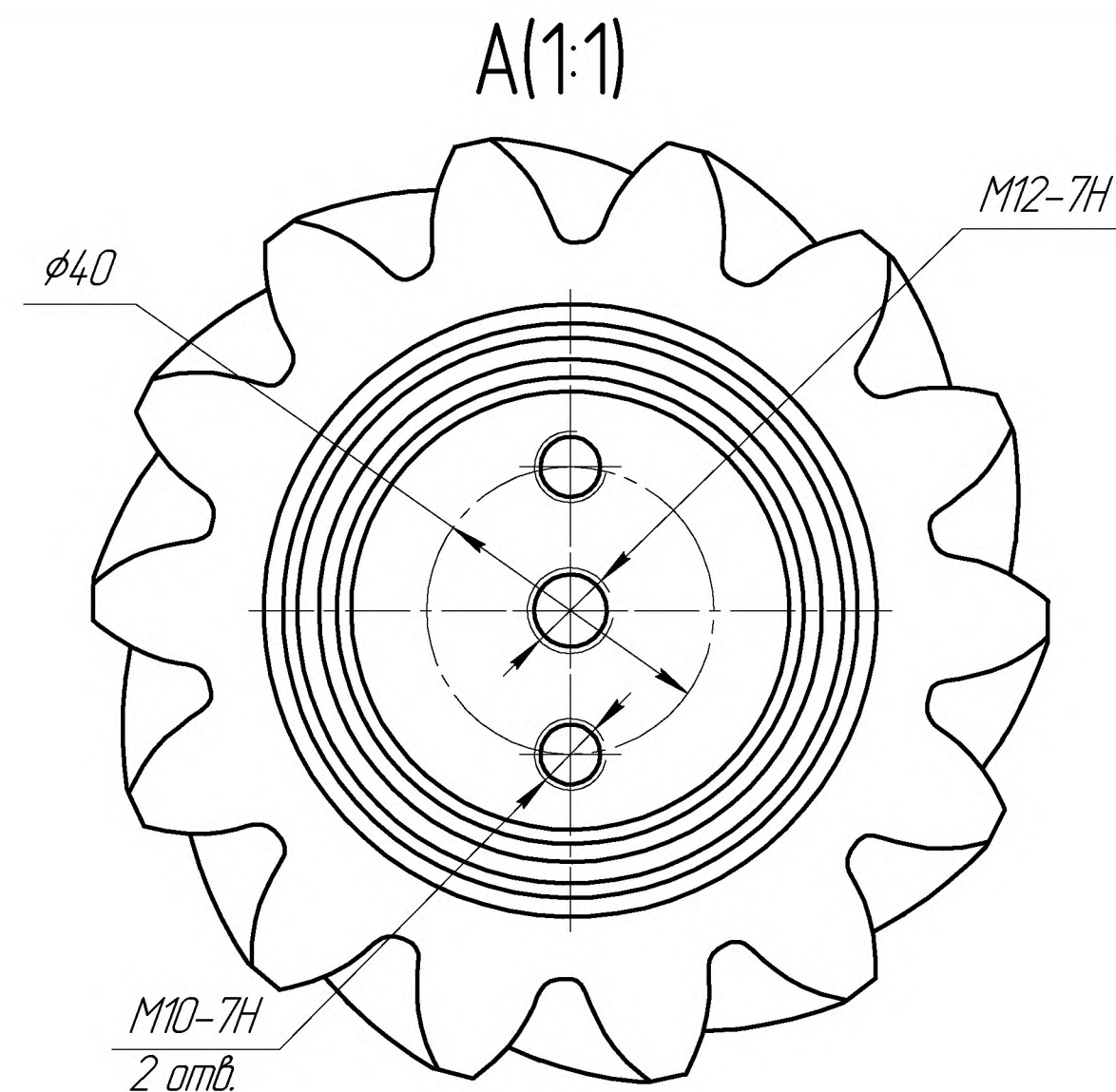
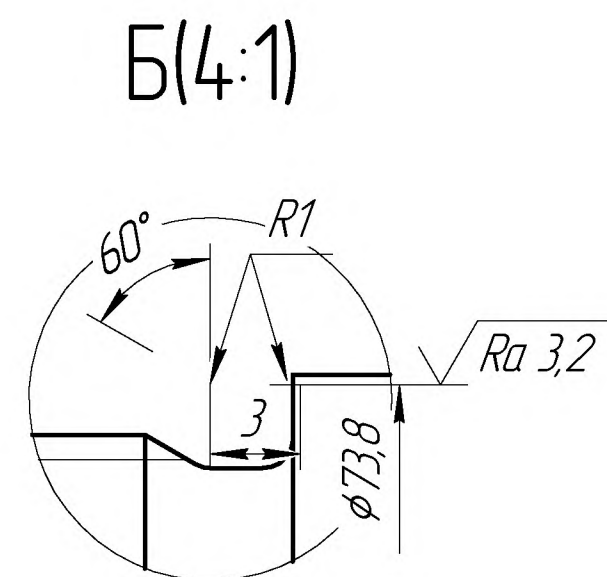
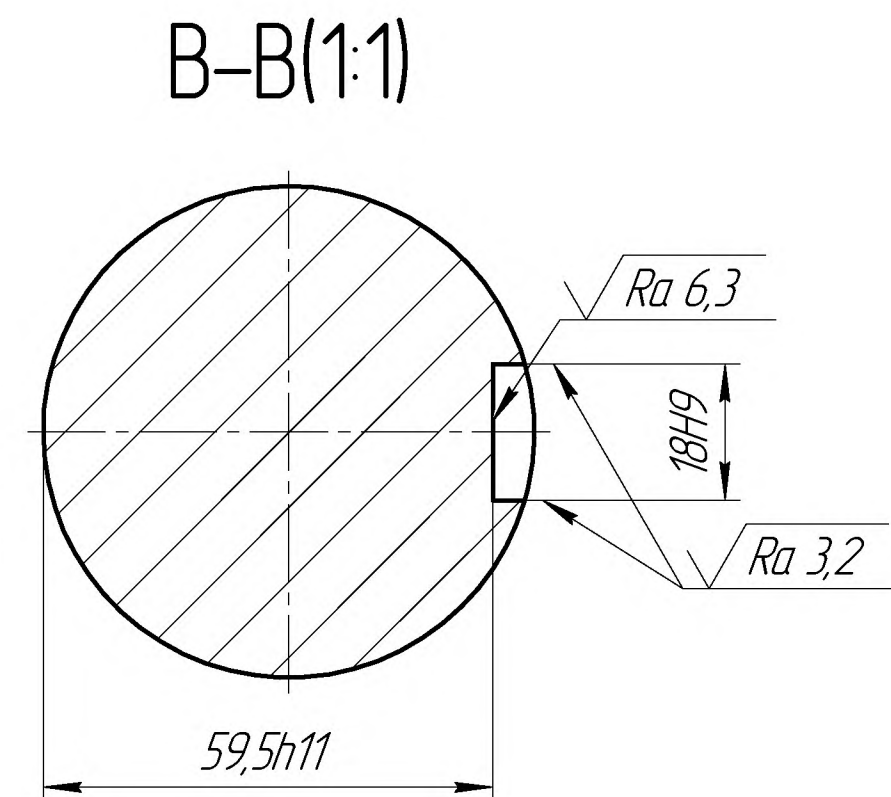
Завідувач кафедри

(підпис)

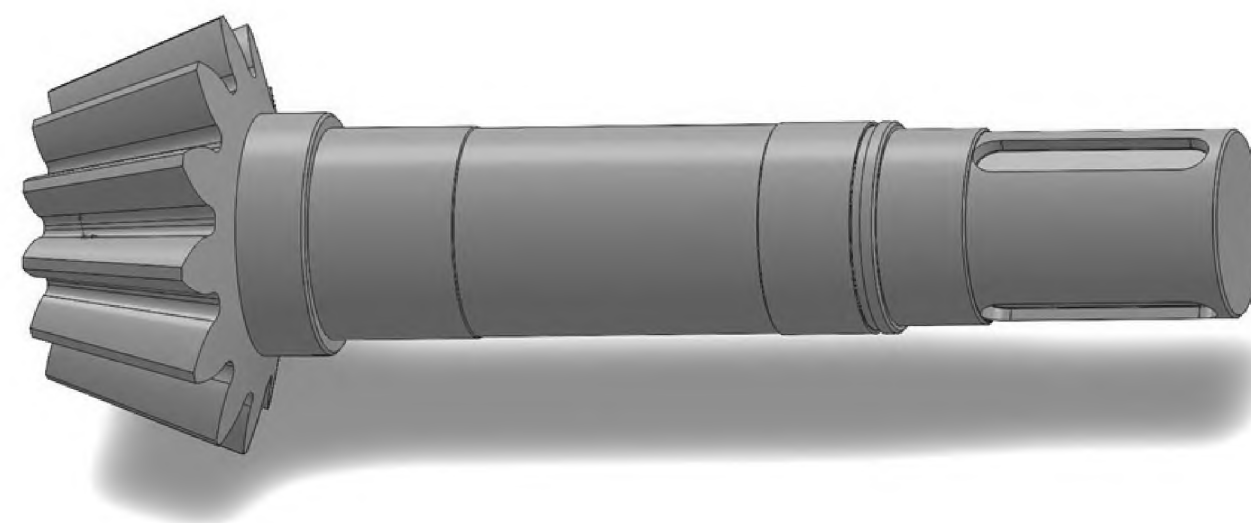
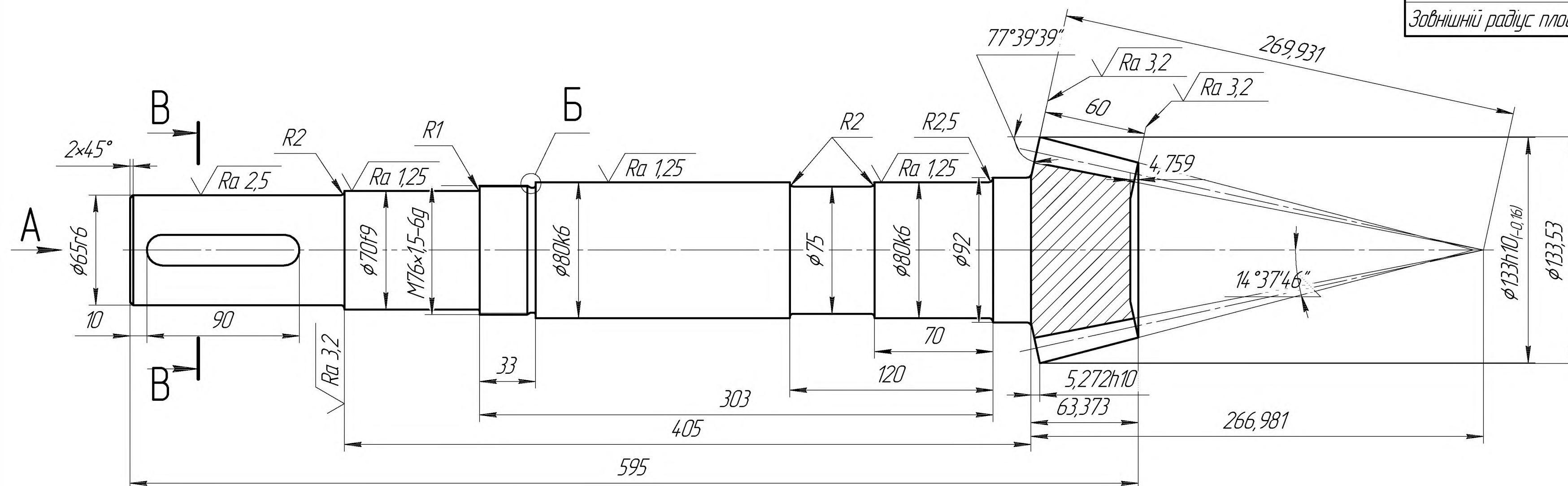
Антон РЯЗАНЦЕВ

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №						Креслення				
	A2		1	КНУ.КБР.131.26.2-10.ВШ	Вал-шестерня	1				
	A2		2	КНУ.КБР.131.26.2-10.ФДФ	Фреза черв'ячна конічна	1				
	A1		3	КНУ.КБР.131.26.2-10.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1				
	A3		4	КНУ.КБР.131.26.2-10.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1				
	A3		5	КНУ.КБР.131.26.2-10.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1				
Подп. и дата										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инд. № подл.										
					КНУ.КБР.131.26.2-10.ВКІЗА					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість креслень та інформаційно-засвідчуючих аркушів КБР			Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Шоль							Н		1
Пров.	Нечаєв									
Н.контр.	Нечаєв									
Утв.	Рязанцев							Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск Формат А4		

$\sqrt{Ra\ 12,5 (\checkmark)}$



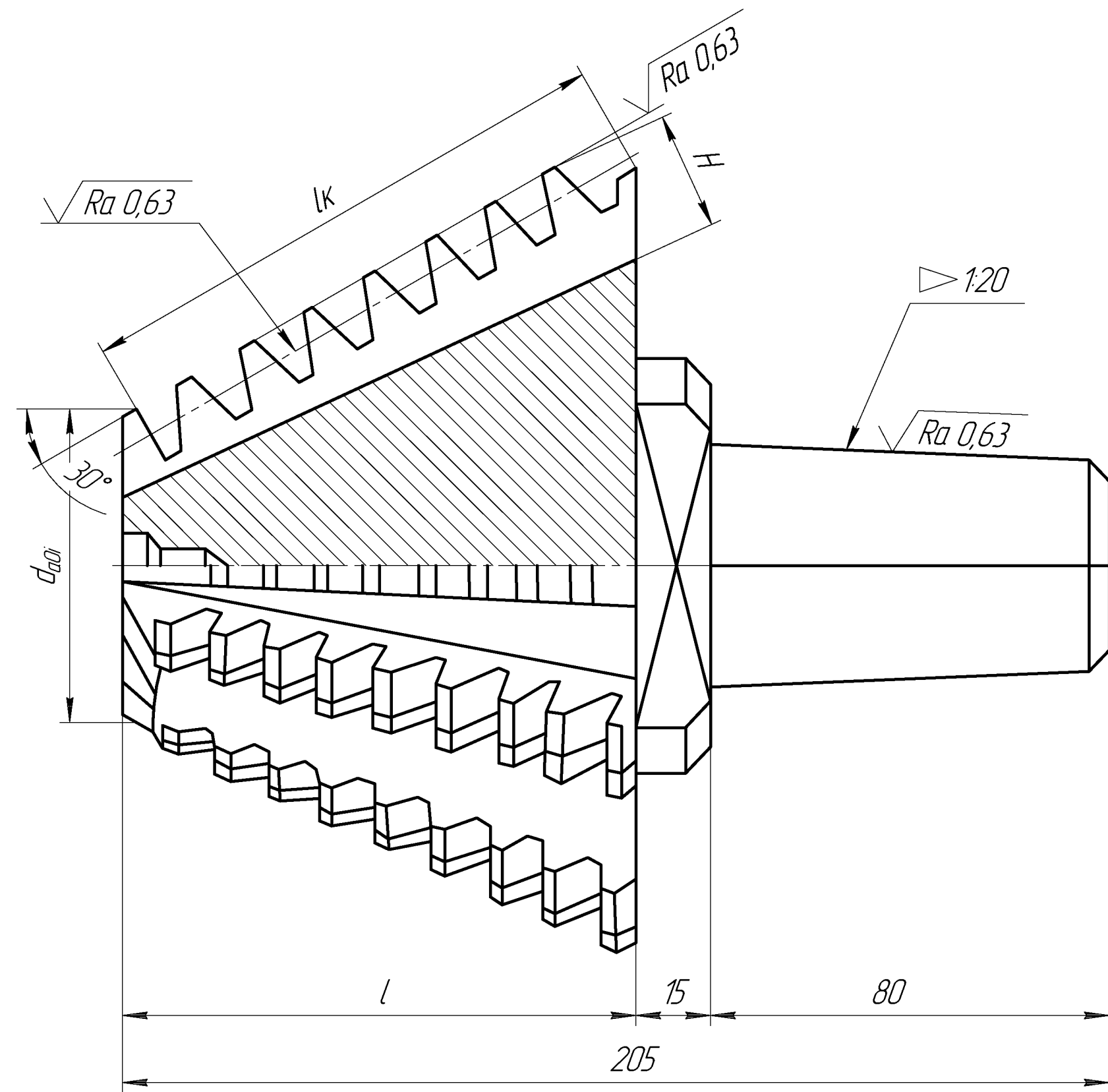
Модуль нормальний	m	6
Число зубів	z	14
Тип зуб'єв	–	Коловий
Кут нахилу зубів середній		35°
Напрямок зубів	–	Правий
Коефіцієнт зміщення вихідного контуру	E_n	0
Ступінь точності	–	7-7-6x
Допуск на накопичену похибку кроку		0,075
Допуск на різницю колових кроків		
Граничні відхилення колового кроку		$\pm 0,01$
Пляма контакту з зубами парного колеса	по довжині по висоті	70% 70%
Число зубів основного плоского колеса	z	64,0732
Проміжок	q	9
Машинна дистанція	Mq	200
Зовнішній радіус плоского колеса	R_0	261,22



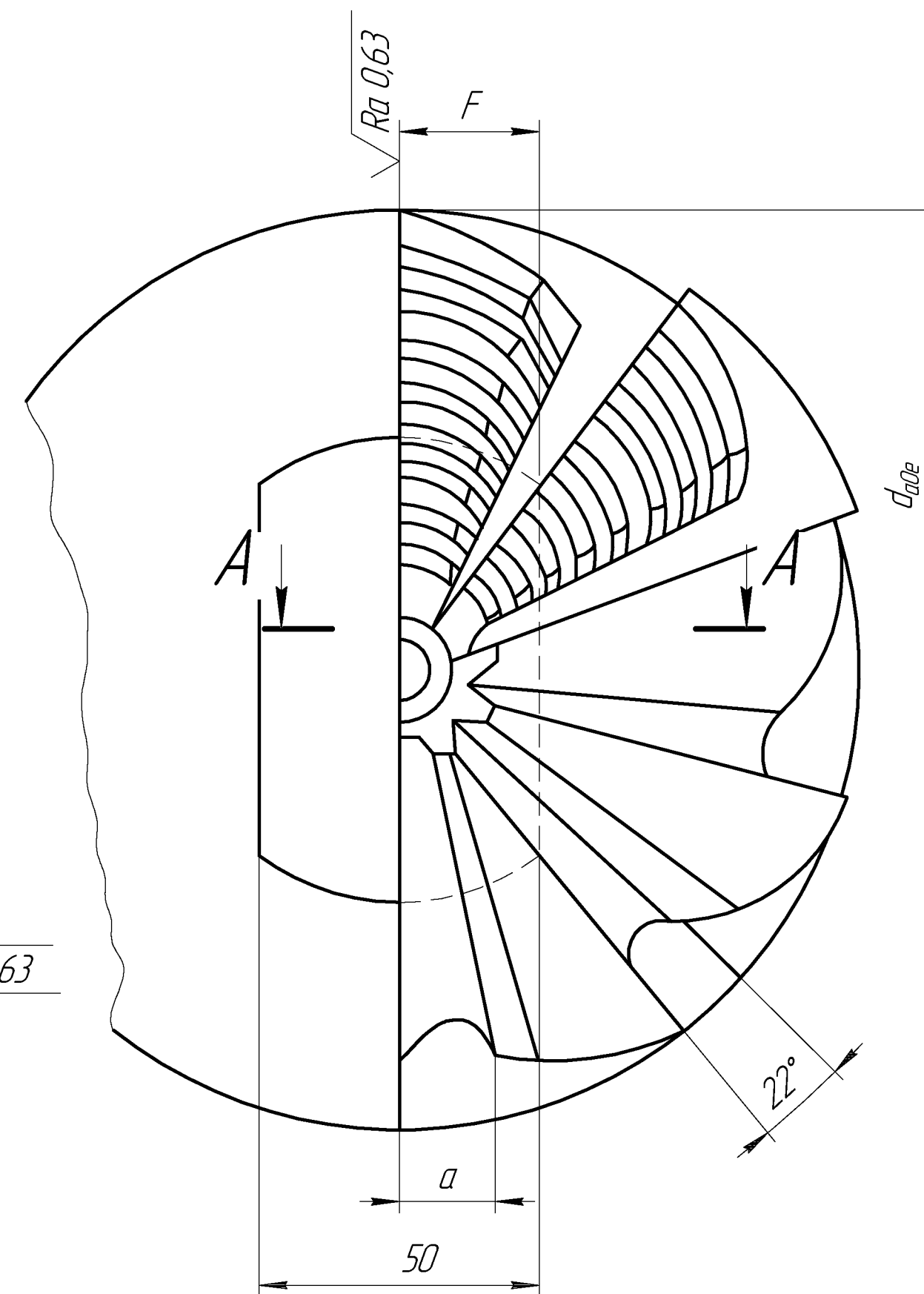
- 1 Твердість поверхонь деталі: HB 235...277
2 Невказані граничні відхилення розмірів: H14; h14; ±IT14/2
3 Перекіс шпонкового пазу не більше половини допуску на ширину паза.

						КНУ.КБР.131.26.2-10.ВШ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вал-шестерня	Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Шоль						23,38	1:2
Керівник	Нечасів					Аркцш	Аркцш	1
Н.контр.	Нечасів				Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015	Кафедра ТМ		
Затв.	Рязницький					гр. ПМ-23ск		

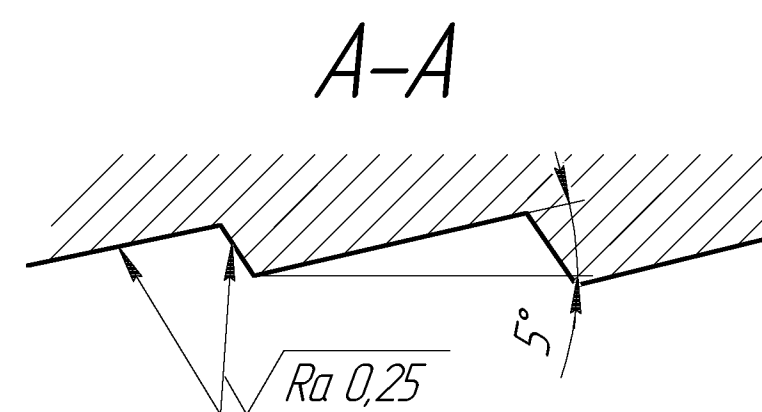
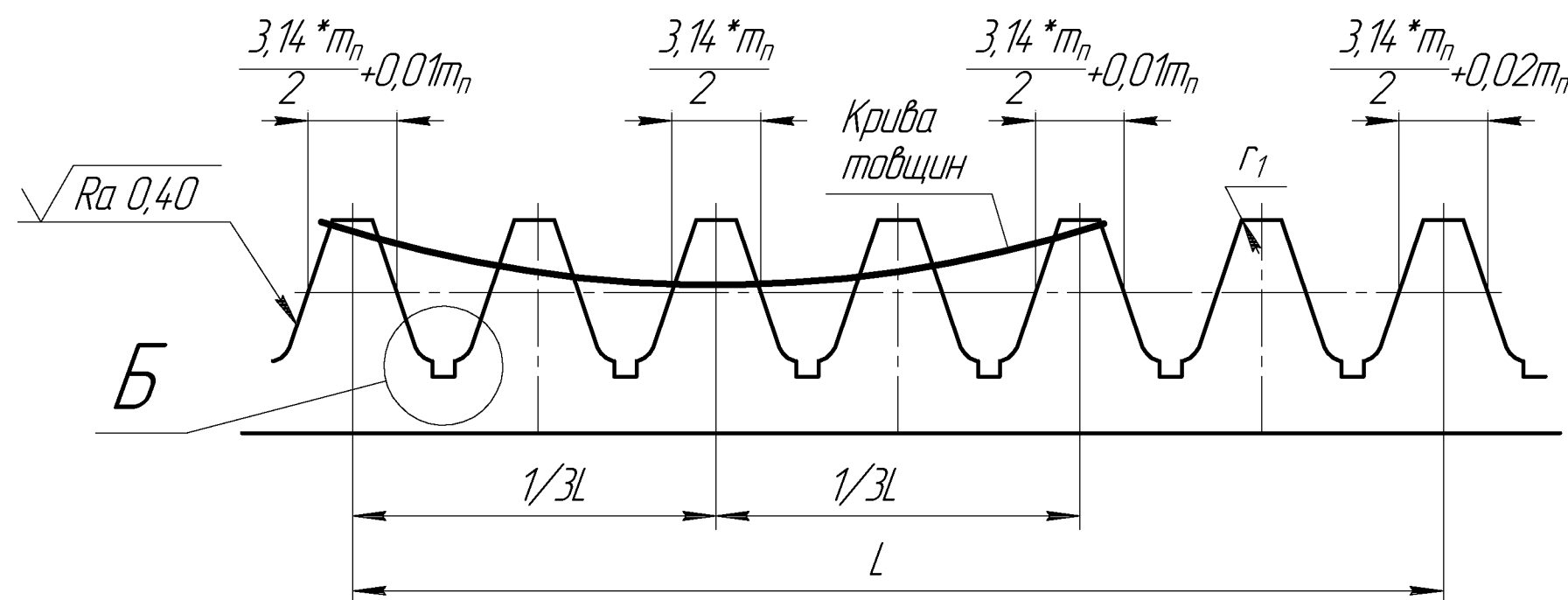
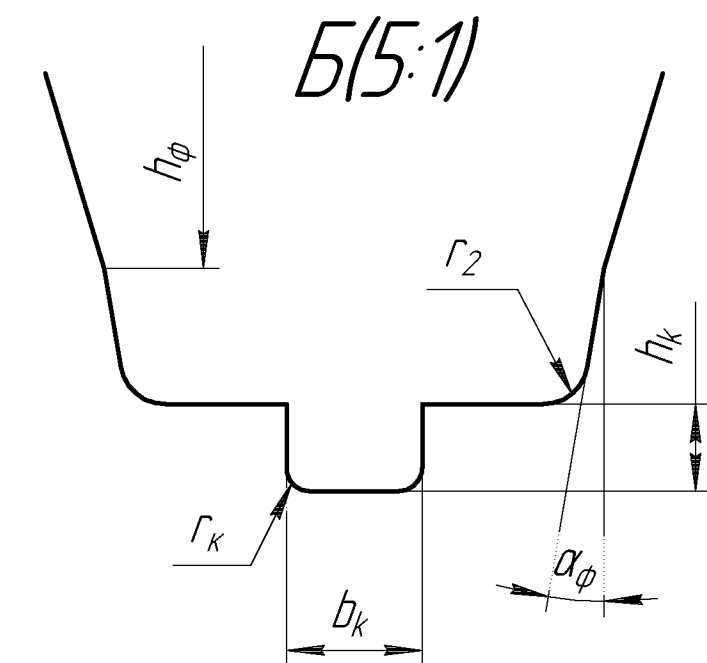
$\sqrt{Ra\ 6,3(\checkmark)}$



$Ra\ 0,63$

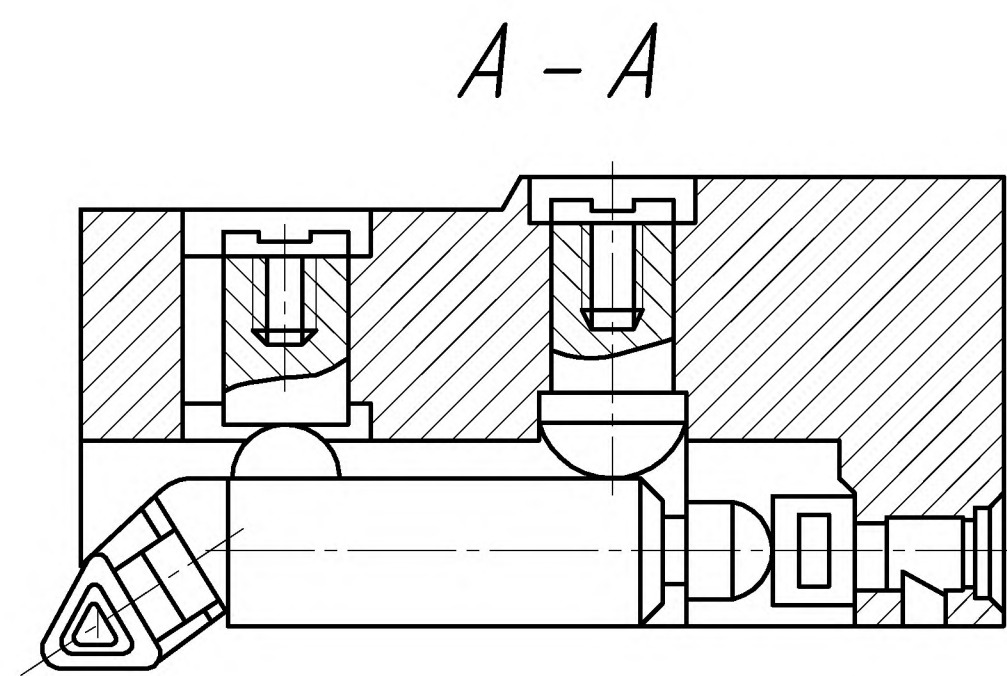
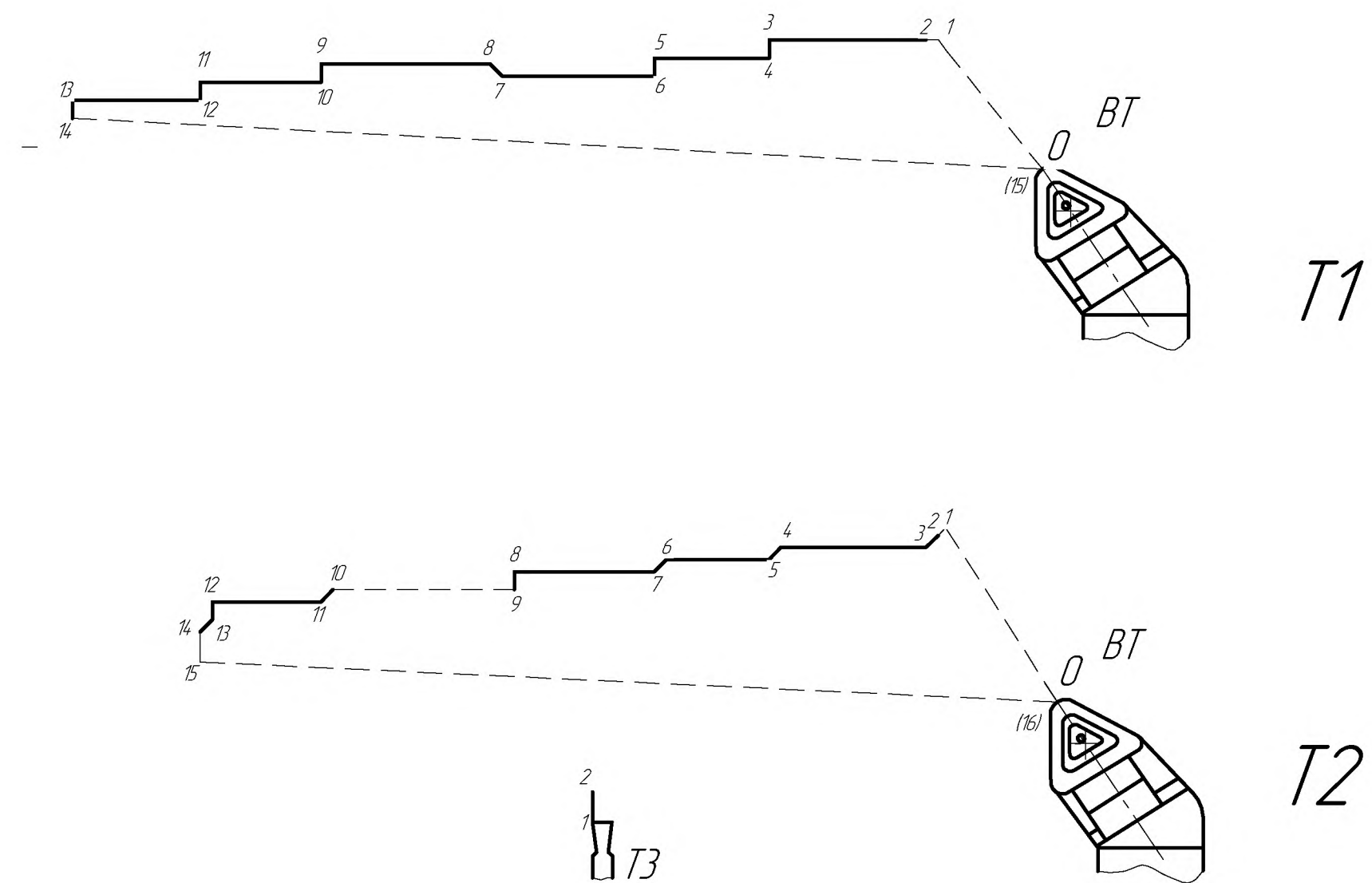
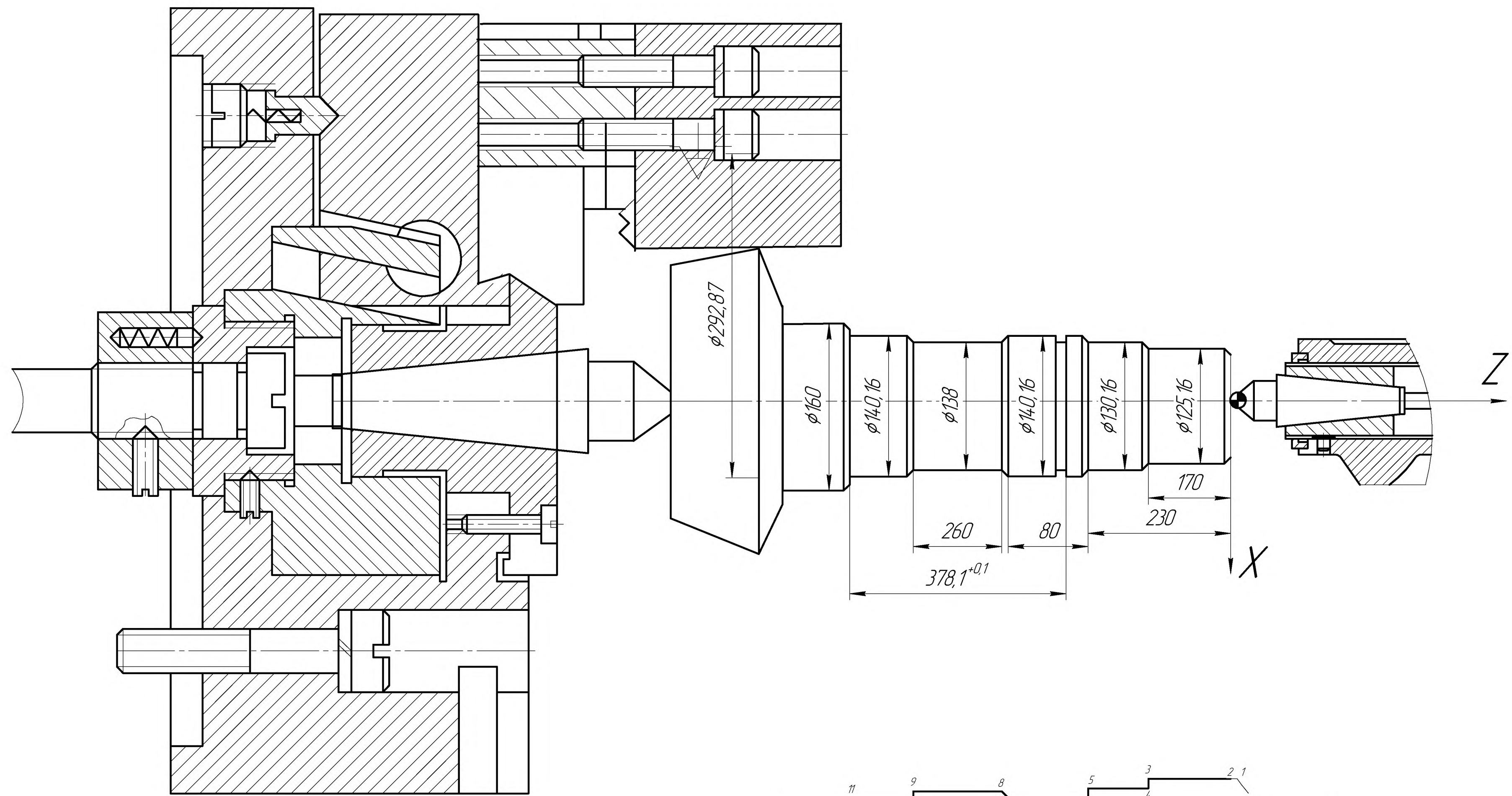


Дані фрези	
Модуль m	6
Кількість зубів	8
Осьовий шаг P	18,84
Кут підйому гвинтової лінії у малого діаметра	5°
Кут профіля стружочної канавки	22°

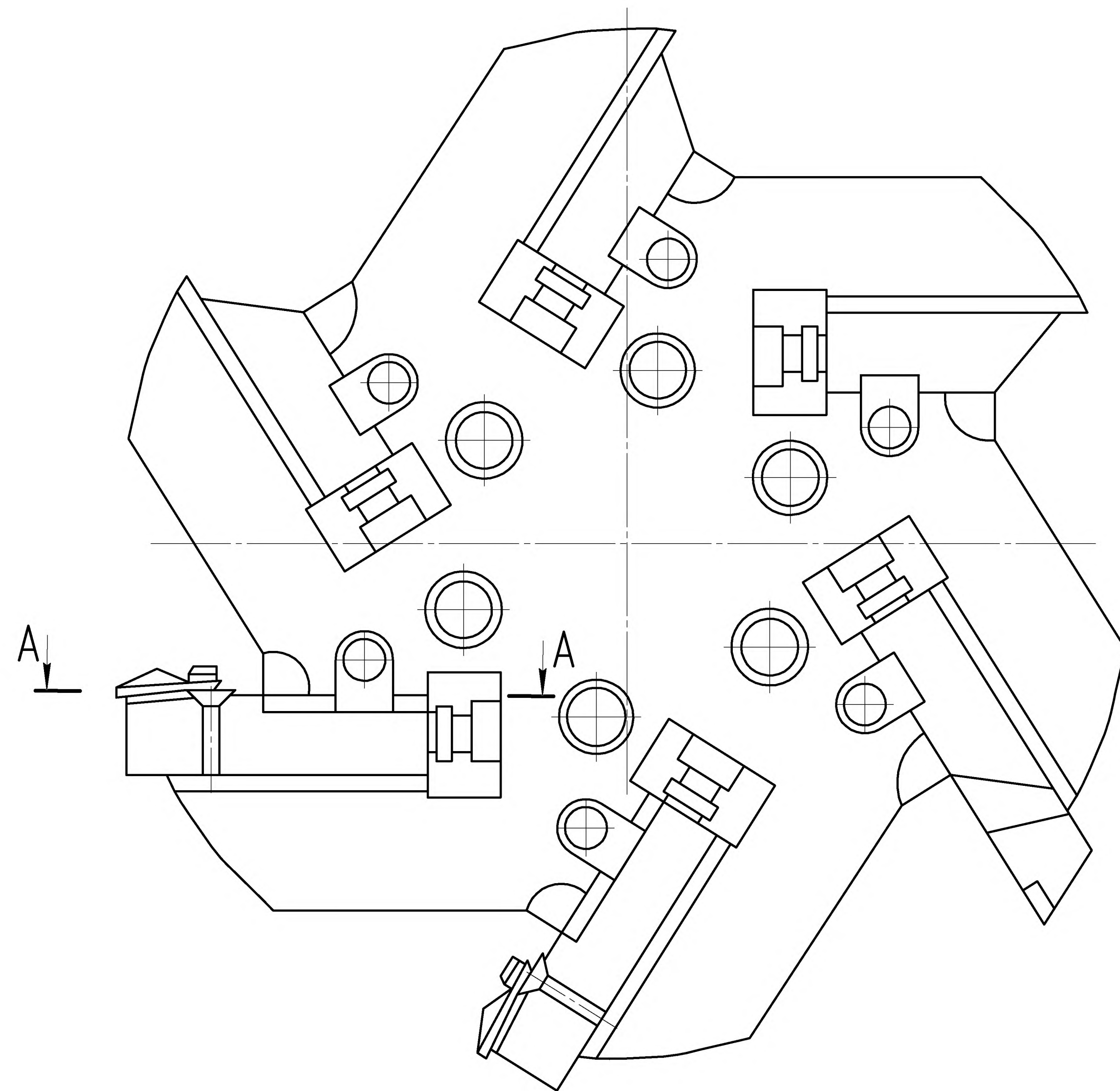


- 1 Твердість 63...66HRC
- 2 Радіальне діття по вершинах зубів - 0,03
- 3 Різниця сусідніх окружних кроків - 0,08
- 4 Радіальне діття хвостової частини 0,015max

КНУКБР.131.26.2-10.ФЧК				Л/т	Маса	Масштаб
Фреза черв'ячна конічна				Н	8,6	1:1
Сталь Р6М5 ISO 4957				Аркцш	Аркцш	1
Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск						

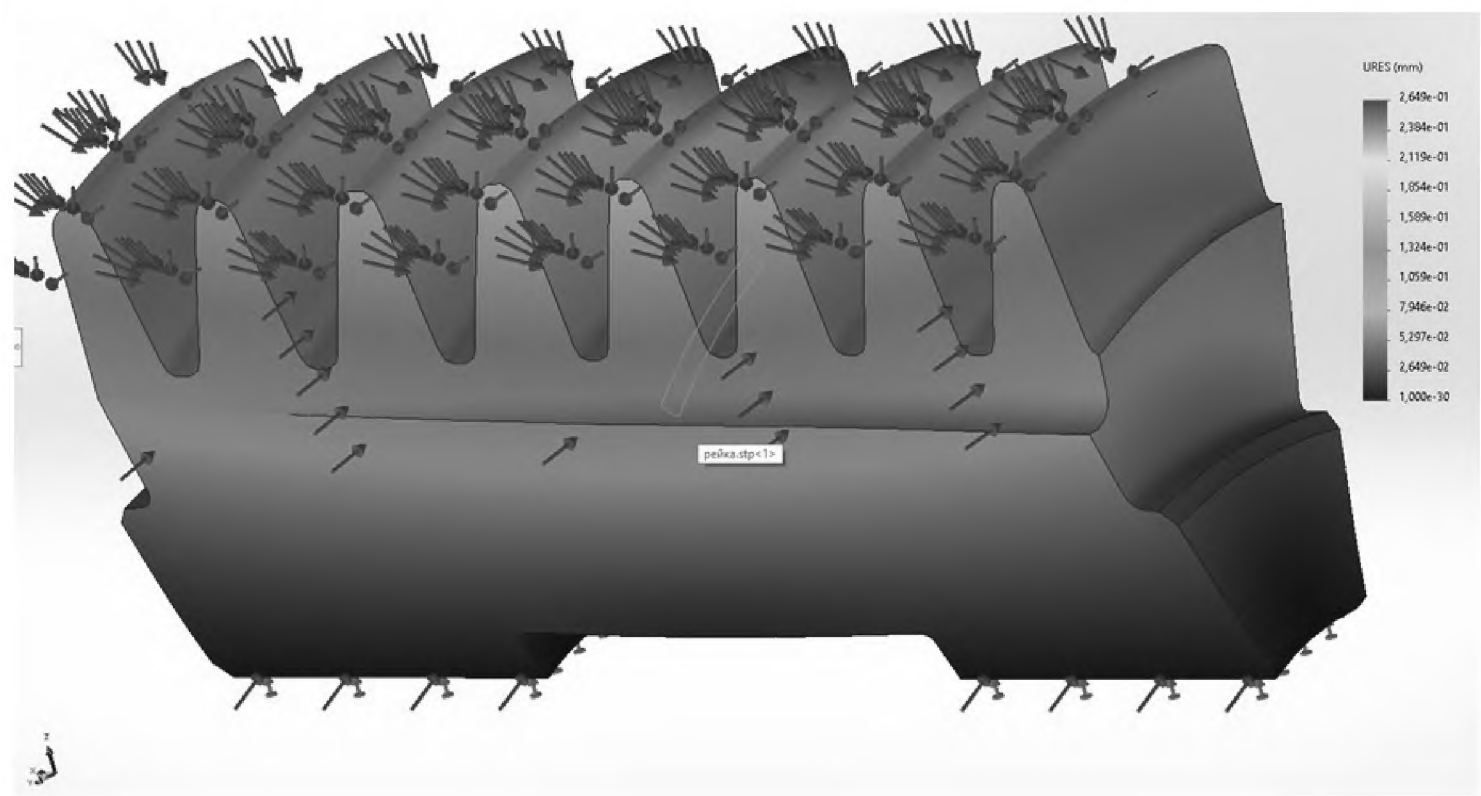


015 Токарна з ЧПК
Токарний верстат з ЧПК Okuma Multus B200II

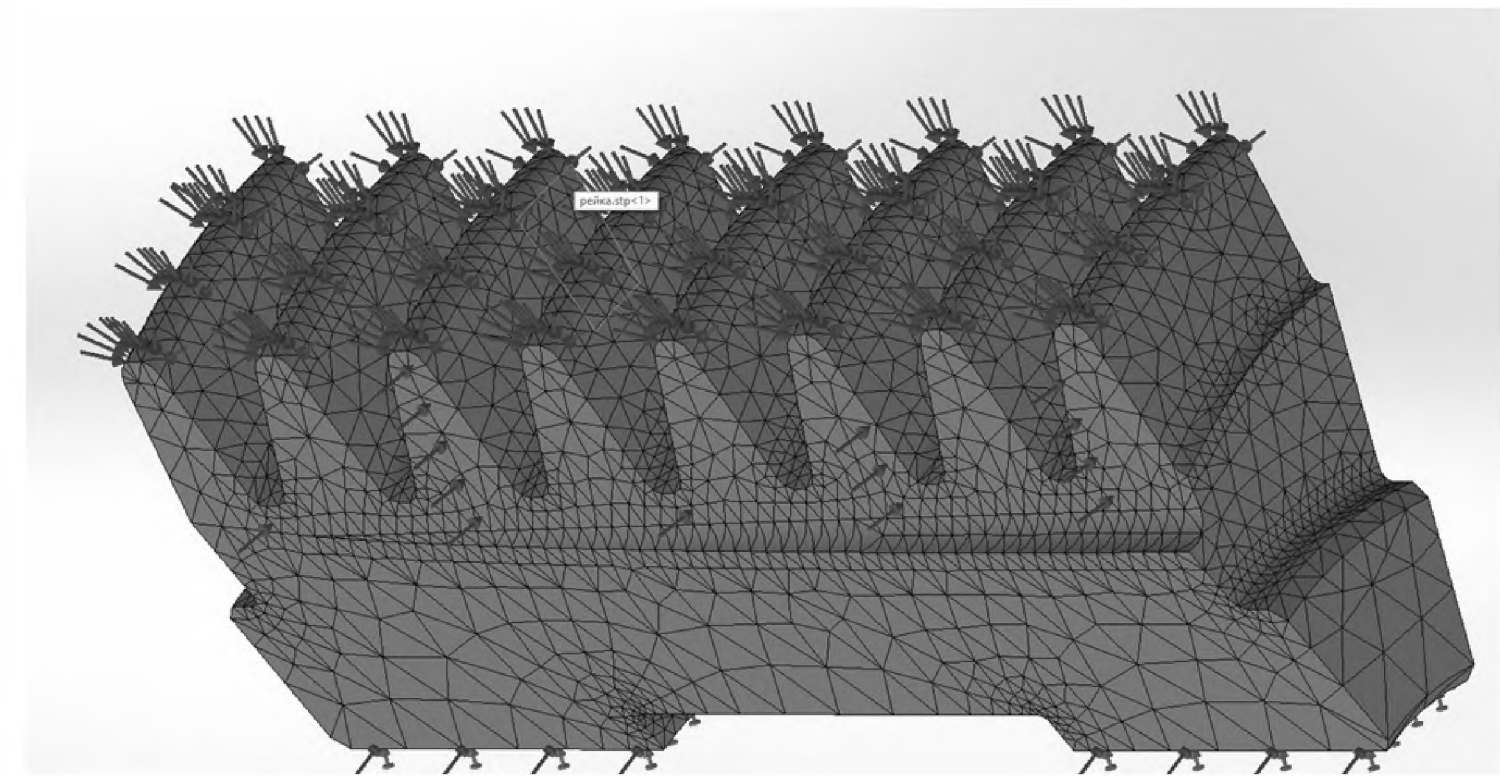


КНУКБР.13126.2-10.ВІН				Верстатно-інструментальне налагодження		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Шоль			Н		
Керівник	Нечасів			Лист	Листів	1
Начальник	Нечасів			Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-23ск		

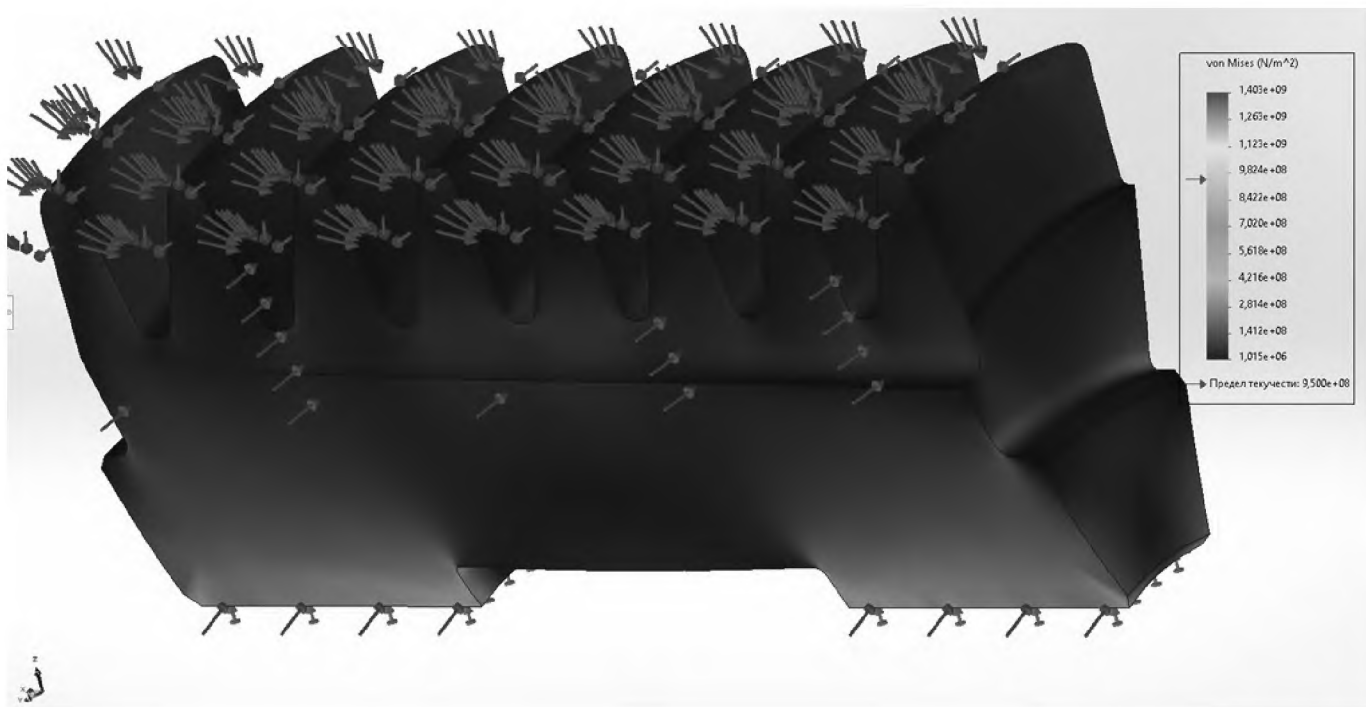
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



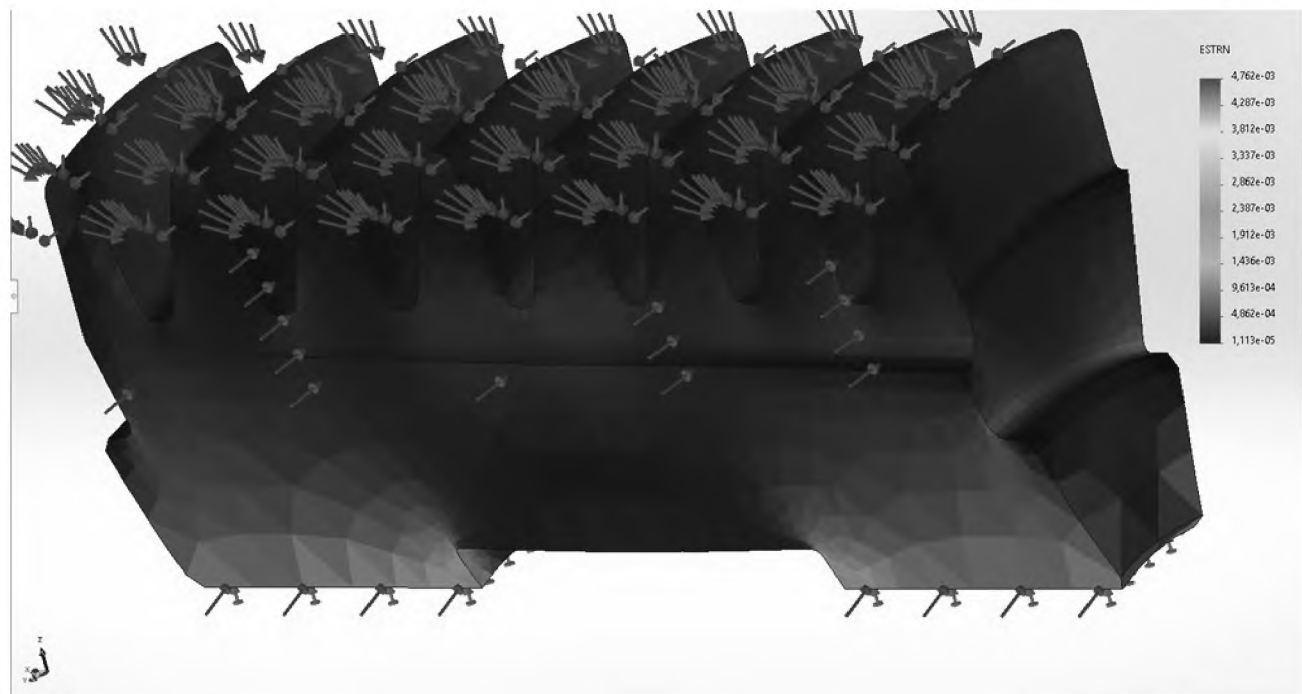
Сітка кінцевих елементів



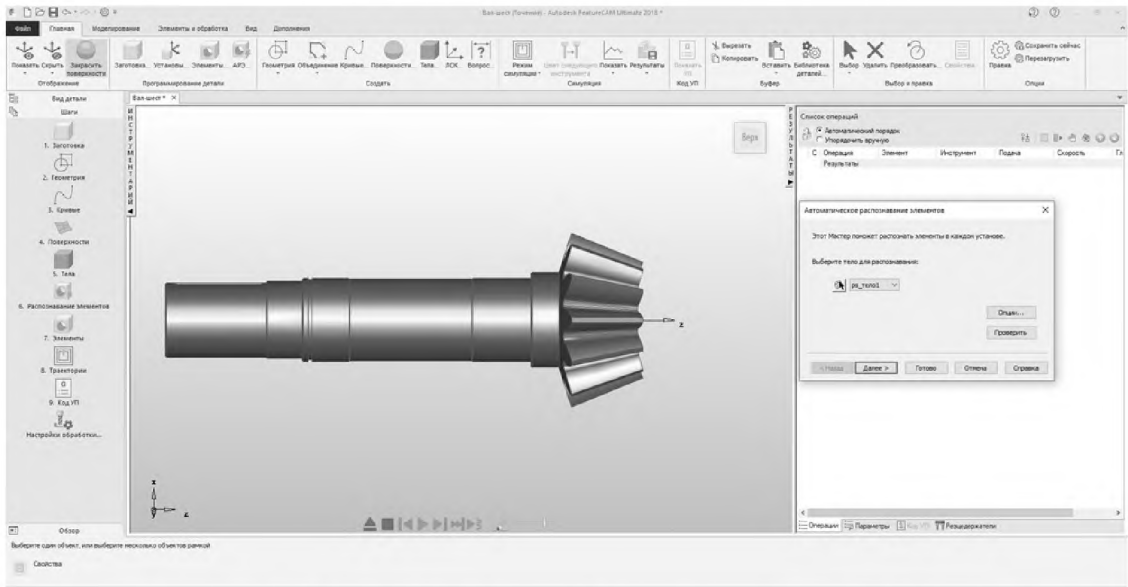
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



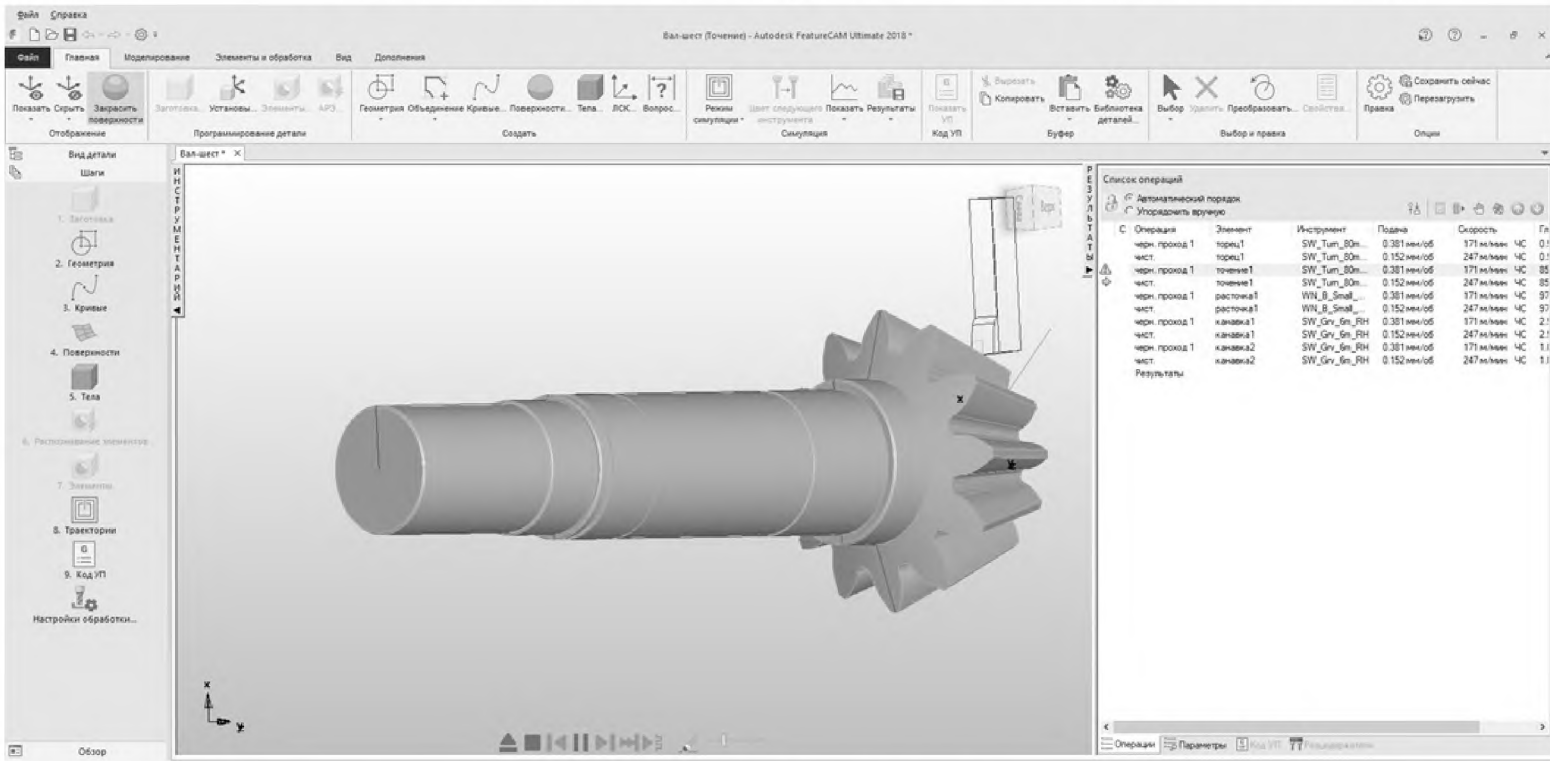
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



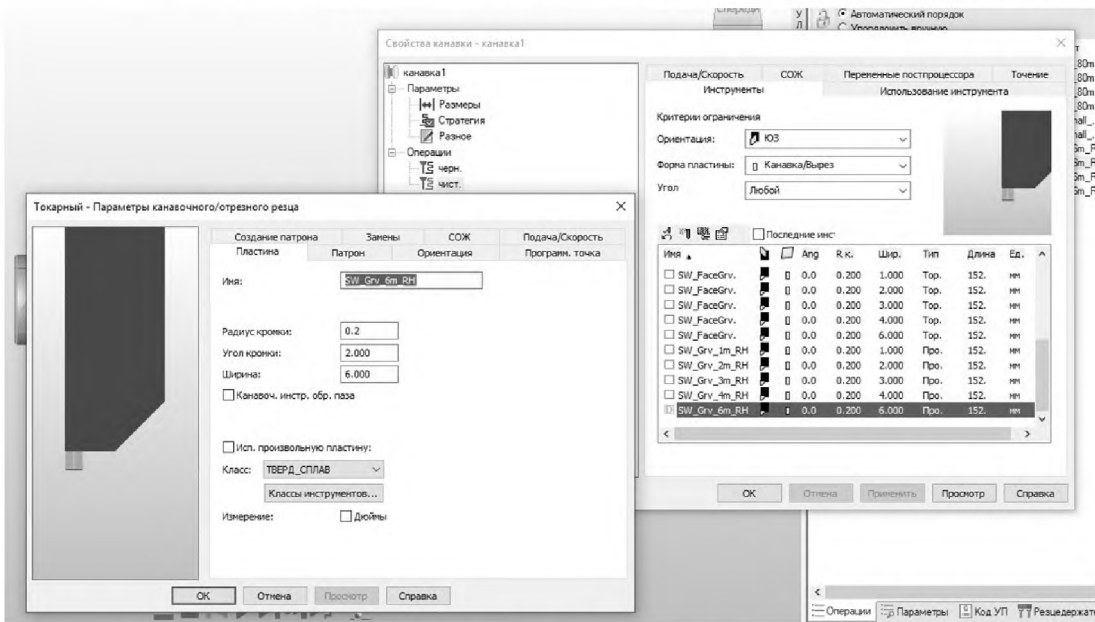
КНУ.КБР.131.26.2-10.АСРІ					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Шоль				Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
Затв.	Рязанцев						



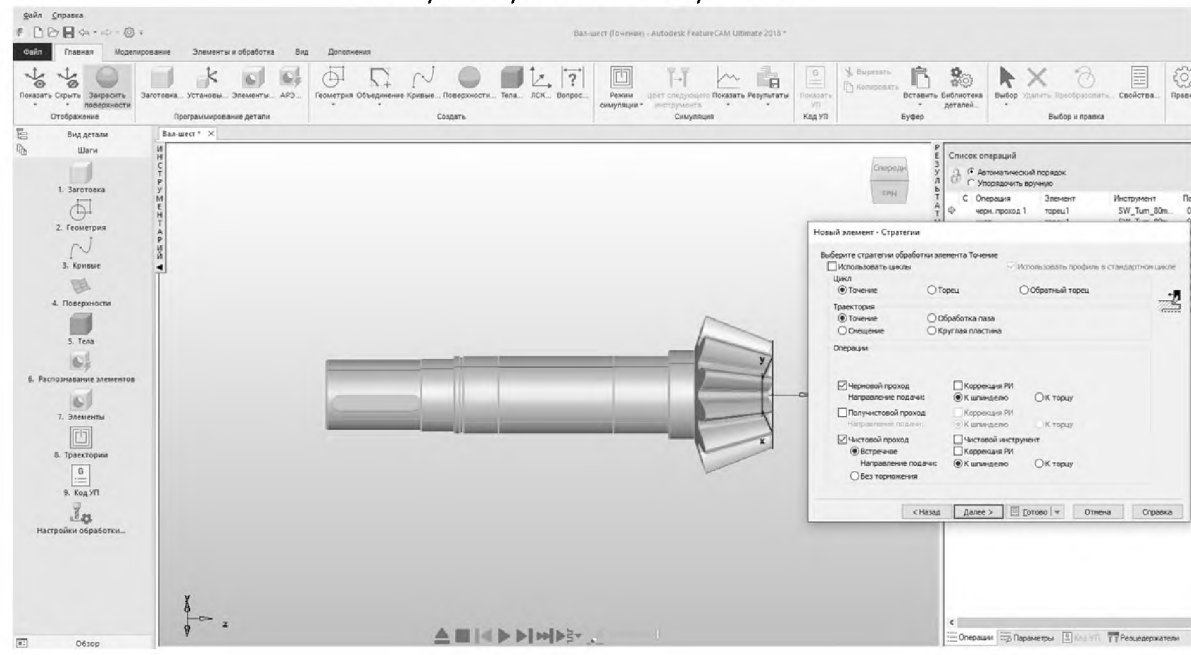
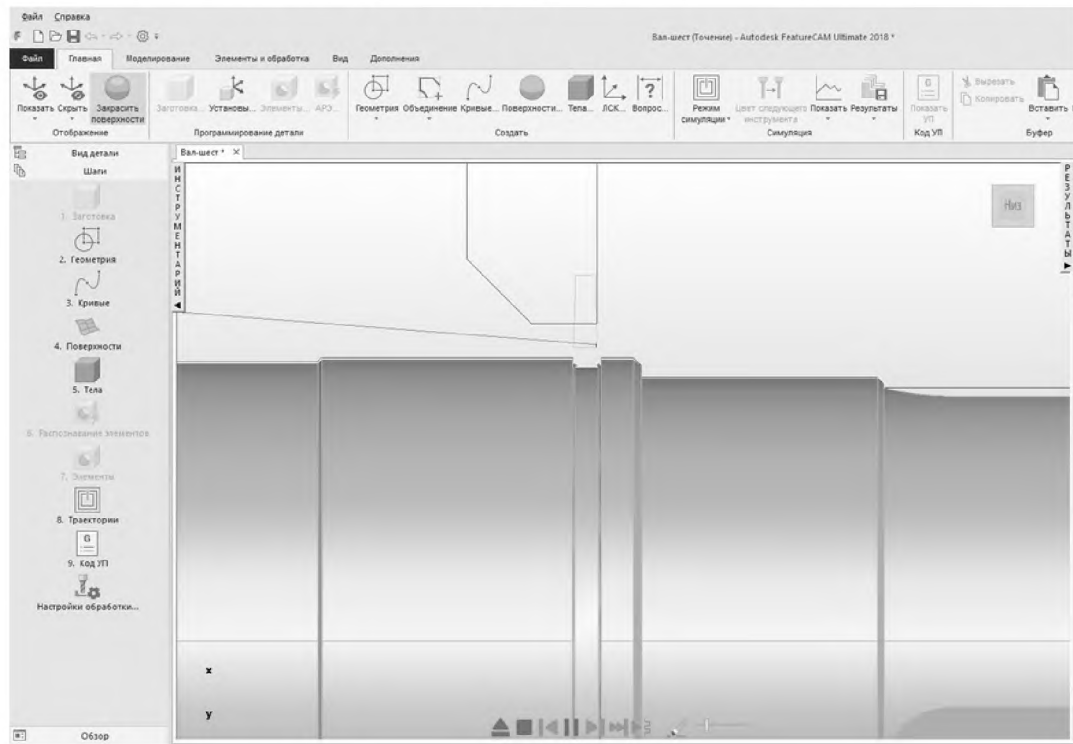
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (точіння канавки)



Вибір стратегії обробки



				КНУ.КБР.131.26.2-10.МПМО		
				Моделювання процесу механічної обробки		
				Лит	Маса	Масштаб
				Н		
				Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-23ск		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив	Шоль					
Керівник	Нечаєв					
Н.контр.	Нечаєв					
Затв.	Рязанцев					