

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 «Ролик прокатний» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Попов Є.В.

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

Кривий Ріг
2025 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Ролик прокатний» та обґрунтування параметрів різального
інструменту з використанням САПР технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Євгеній ПОПОВ

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-21 Попов Євгеній Вадимович

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Ролик прокатний» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від « ____ » _____ 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи « ____ » _____ 2025 р.

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

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

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Ролик прокатний. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Протяжка круга. 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	25.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	03.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	10.03.2025
5.	Креслення деталі (А1-А4).	18.03.2025
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	24.03.2025
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	05.04.2025
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	12.04.2025
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	19.04.2025
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	25.04.2025
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	01.05.2025
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	04.05.2025
13.	Вибір допоміжних інструментів.	08.05.2025
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального налагодження (А1-А2)	12.05.2025
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	15.05.2025
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	22.05.2025
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	27.05.2025
18.	Висновки	01.06.2025
19.	Оформлення РПЗ	07.06.2025
20.	Попередній захист	15.06.2025

Дата видачі завдання: «_____» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Попов Є.В./

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 47 стор., 29 рисунків, 15 таблиць, 5 листів графічної частини.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка ефективної конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення деталі «Ролик прокатний» із застосуванням САПР-технологій, а також обґрунтування оптимальних параметрів різального інструменту для забезпечення високої точності та продуктивності обробки.

Об'єктом дослідження є процес конструкторсько-технологічної підготовки виготовлення машинобудівної деталі.

Предметом дослідження виступають методи та засоби проектування технологічного процесу виготовлення деталі «Ролик прокатний», а також параметри різального інструменту, що визначають якість і ефективність обробки, з урахуванням застосування систем автоматизованого проектування (САПР).

У сучасних умовах розвитку машинобудування та автоматизації виробництва ключовим завданням є забезпечення високої ефективності технологічної підготовки виробництва. Одним із важливих етапів цього процесу є розроблення конструкторсько-технологічної документації для виготовлення деталей із забезпеченням високої якості, економічної доцільності та мінімальних термінів виготовлення. Тема дипломної роботи – «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі “Ролик прокатний” та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій» – спрямована на всебічне дослідження процесів проектування технології виготовлення деталі з урахуванням сучасних вимог та застосування систем автоматизованого проектування (САПР).

Зростаючі вимоги до якості продукції, зниження витрат на виробництво, скорочення термінів підготовки виробництва та підвищення конкурентоспроможності змушують підприємства впроваджувати новітні технології та цифрові інструменти на всіх етапах життєвого циклу продукції. Одним із найважливіших напрямів є впровадження САПР-технологій у процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва. Це дозволяє не лише автоматизувати рутинні процеси проектування, а й оптимізувати параметри обробки та обґрунтувати вибір інструментів для досягнення необхідних характеристик готової деталі. Дослідження виготовлення деталі «Ролик прокатний», яка є характерною для металургійного та машинобудівного виробництва, є важливим і практично орієнтованим завданням.

РОЛИК ПРОКАТНИЙ, ПРОКАТНИЙ СТАН, ПРОТЯЖКА, МОДЕЛЮВАННЯ, САПР.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-19.P</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Попов</i>			<i>Реферат</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>Арк.шіт</i>
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 47 pages, 29 figures, 15 tables, 5 sheets of the graphic part.

The aim of this qualification project is to develop an effective design and technological preparation process for manufacturing the component “Rolling Roller” using CAD technologies, as well as to justify the optimal cutting tool parameters to ensure high machining accuracy and productivity.

The object of the study is the process of design and technological preparation for the manufacturing of a mechanical engineering component.

The subject of the study comprises the methods and tools for designing the technological process of manufacturing the “Rolling Roller” component, along with the parameters of the cutting tools that determine the quality and efficiency of machining, taking into account the use of computer-aided design (CAD) systems.

In the current context of mechanical engineering development and production automation, a key objective is to ensure high efficiency in technological production planning. One of the critical stages in this process is the development of design and technological documentation for component manufacturing, ensuring high quality, economic feasibility, and minimal production lead times. The topic of this thesis – “Design and Technological Preparation for Manufacturing the ‘Rolling Roller’ Component and Justification of Cutting Tool Parameters Using CAD Technologies” – is aimed at a comprehensive study of the processes involved in designing the manufacturing technology of the component, considering modern requirements and the use of computer-aided design (CAD) systems.

The increasing demands for product quality, reduced production costs, shorter production preparation times, and improved competitiveness compel enterprises to implement advanced technologies and digital tools throughout all stages of the product life cycle. One of the most significant directions is the integration of CAD technologies into the design and technological preparation process. This approach not only automates routine design tasks but also optimises machining parameters and justifies tool selection to achieve the desired characteristics of the finished component. The study of the manufacturing process of the “Rolling Roller”, which is typical in metallurgical and mechanical engineering production, represents an important and practically oriented task.

ROLLING ROLLER, ROLLING MILL, BROACHING, MODELLING, CAD.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.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 з'єднання з підшипником	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	13
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	15
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	19
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	19
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	20
3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів	22
3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	23
3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	25
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	27
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	27
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	28
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	33
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	33
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	34
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	39
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	39
6.2 Екологія виробництва та охорона праці при роботі на прокатних станах	44
Висновки	46
Список використаних джерел	47

					<i>КНУКБР.131.25.1-19.3</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Зміст</i>		
Розроб.		<i>Попов</i>					
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>					
					Літ.	Арк.	Архувів
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

ВСТУП

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

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

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

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

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

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

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-19.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Попов</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-21</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Для виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було використано креслення деталі «Ролик прокатний» та річну програму її виготовлення, яка передбачає випуск 1500 одиниць. На рисунку 1.1 зображено тривимірну модель цієї деталі.

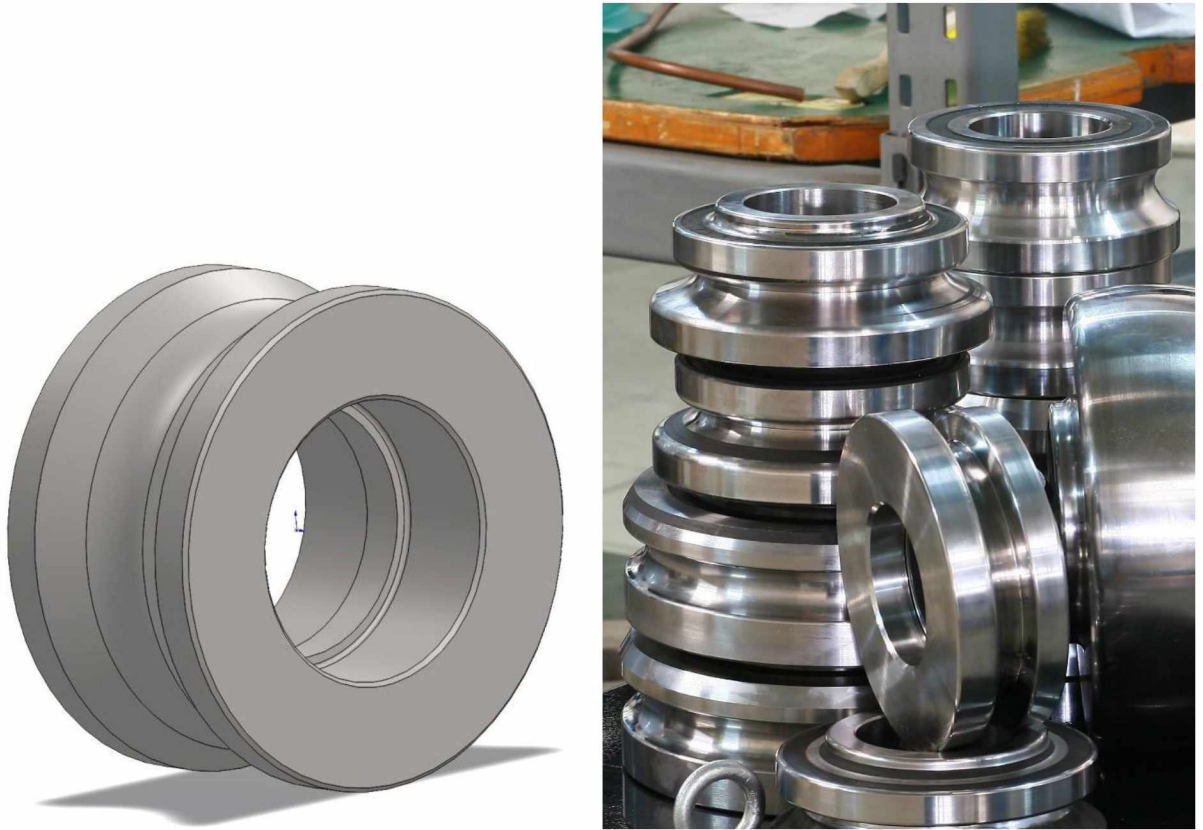


Рисунок 1.1 – 3D модель ролику прокатного

У процесі дослідження було сформульовано технічне завдання на розробку раціонального технологічного процесу виготовлення опорного ролика для прокатного стану. Також здійснено вибір найбільш ефективного різального інструменту для реалізації цього процесу.

Для досягнення поставленої мети КБР були визначені такі завдання дослідження:

- аналіз конструктивних особливостей та функціонального призначення деталі «Ролик прокатний»;
- вибір раціонального технологічного маршруту виготовлення деталі;

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-19.01.АСПМ</i>		
Змн.	Арк.	№ докм.	Підпис	Дата			
Розроб.	Попов				<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>		
Перевір.	Нечаєв						
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв						
Заб. каф.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Аркциві
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

- визначення базових технологічних операцій та режимів обробки;
- обґрунтування вибору різального інструменту та його параметрів;
- використання сучасних САПР-систем для створення технологічної документації та візуалізації процесів обробки;
- оцінка техніко-економічної ефективності запропонованої технології.

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

Ролик прокатний – це деталь, яка виконує функцію направлення та підтримки через контакт із рухомим елементом, зазвичай стрічкою, канатом, листовим металом або іншим подібним матеріалом. Основна функція прокатного ролика – забезпечення рівномірного руху матеріалу, зменшення тертя та зносу, а також коригування напрямку переміщення. Даний ролик є опорним, він зменшує прогин робочих роликів та входить до складу прокатного стану (рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Універсальний прокатний стан

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики універсального прокатного стану (СПУ – 400 К 8 х 65):

Параметр	Значення
Максимальна ширина заготовки, мм	400
Максимальна товщина заготовки, мм	2,5
Кількість робочих клітей, шт	8
Міжклітьова відстань, мм	380
Відстань між вісями валів кліті (max÷min), мм	120÷210
Потужність електричного двигуна, кВт	11(15)
Габарити АхВхН, мм	2000х4500х1400
Вага, кг	4150

					КНУ.КБР.131.25.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Призначення стану прокатного універсального (СПУ – 400 К 8 х 65): виготовлення профілів різного призначення та складності перерізу, у тому числі армуючих, каркасних, ЛСТК, дверні.

1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником

У ролик прокатний встановлюється Підшипник 6305. Ролик прокатний сполучається з підшипником внутрішньою поверхнею $\varnothing 62$, з полем допуску K7. Підшипник виготовлено шостого класу точності (I6). Виконаємо розрахунок точності з'єднання зовнішнього кільця підшипника з роликом прокатним. Зокрема, визначимо посадочні зазори шляхом встановлення граничних відхилень для зовнішнього діаметра підшипника та відповідної поверхні отвору в ролику.

Дане з'єднання (ролик-підшипник) працює з циркуляційним навантаженням. Циркуляційне навантаження – це тип навантаження, за якого радіальна сила прикладається до кільця підшипника таким чином, що сприймається послідовно по всій поверхні доріжки кочення та рівномірно передається на поверхню вала або корпусу.

Розміри граничних відхилень становлять:

для зовнішнього діаметру підшипника $\varnothing 62$ I6: $es = 0$, $ei = -11$ мкм ;

для ролика прокатного $\varnothing 62$ K7:

$$ES = +21 \text{ мкм}, \quad EI = +9 \text{ мкм}.$$

В з'єднанні підшипник – ролик прокатний зазори дорівнюють:

$$S_{\max} = ES - ei = 21 - (-11) = 32 \text{ мкм}$$

$$S_{\min} = EI - es = 9 - 0 = 9 \text{ мкм}$$

Схема полів допусків з'єднання підшипник (зовнішнє кільце) – ролик прокатний показано на рис. 1.3. Ескіз зазначеного з'єднання показано на рис. 1.4.

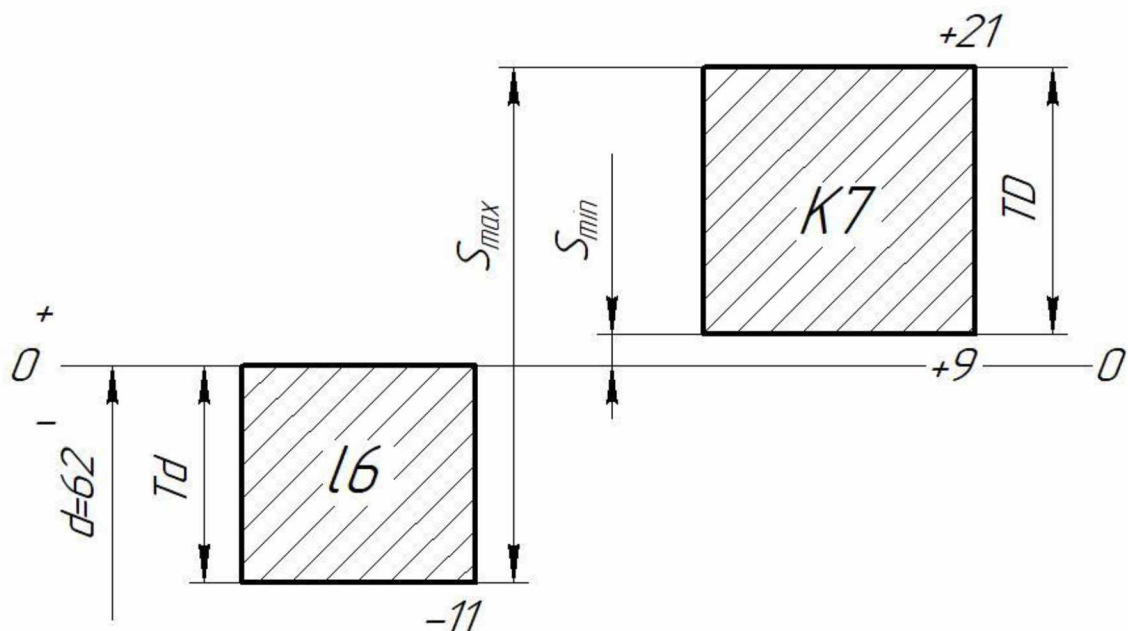


Рисунок 1.3 – Схема полів допусків з'єднання з підшипником

					КНУ.КБР.131.25.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

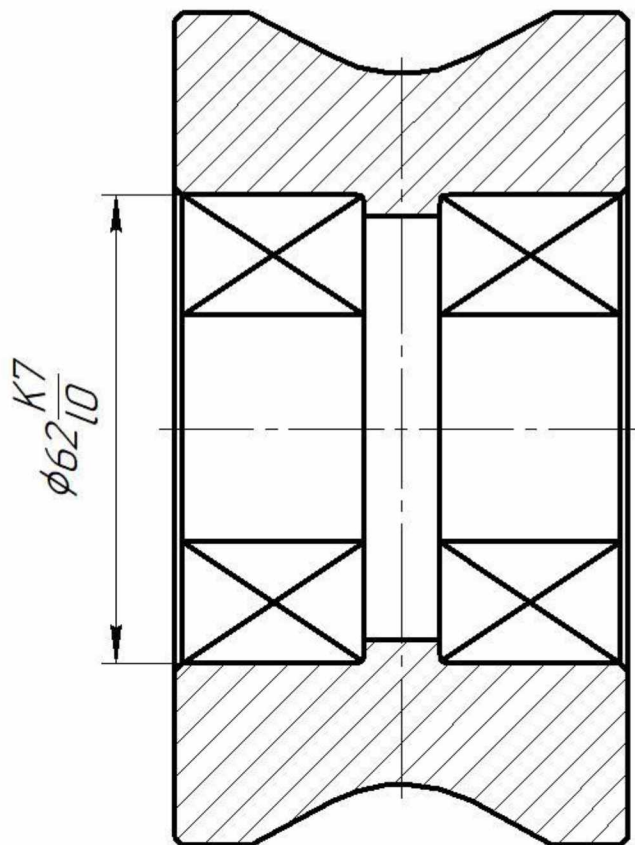


Рисунок 1.4 – Ескіз з'єднання підшипника з роликом прокатним

					КНУ.КБР.131.25.1-19.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни

Ролик прокатний (опорний) є складовою частиною прокатного обладнання, зокрема прокатних станів, які використовуються в металургійній промисловості для формування металевих профілів шляхом пластичної деформації заготовки між обертовими валками.

Основне призначення: ролик виконує функцію опори та спрямування металевих заготовок під час її прокатування.

Він забезпечує: рівномірний розподіл навантаження на заготовку; стабілізацію її положення у валковій клітці; зниження тертя між заготовкою та опорною поверхнею; передачу деформуючого зусилля від привідного валка до заготовки (у деяких типах прокатних станів).

Умови експлуатації: високі механічні навантаження; підвищена температура; циклічні удари й вібрації; зношування від тертя об заготовку.

Вимоги до конструкції: висока зносостійкість; достатня жорсткість і міцність; точність виготовлення контактних поверхонь;

Даний ролик виготовляється зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Сталь 40Х – це конструкційна вуглецева сталь.

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

Таблиця 2.1 – Хімічний склад Сталі 40Х

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0,17-0,37
Мідь (Cu), не більше	0,3
Марганець (Mn)	0,5-0,8
Нікель (Ni), не більше	0,3
Фосфор (P), не більше	0,035
Хром (Cr)	0,8 – 1,1
Сіра (S), не більше	0,035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості Сталі 40Х

Сортамент	Розмір, мм	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	Ψ , %	Термообробка
40Х ДСТУ 7806:2015		275	530	15	32	Загартовування, відпуск

					КНУ.КБР.131.25.1-19.02.ТПВД				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Попов			Технологічна підготовка виробництва деталі				
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Архив		
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21				

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск ІТ	Шорсткість Ra, мм	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,5	L=60	Підрізання торця чорнове півчистове	h14 h14	12,5 6,3	 0,05 A  0,03 Б
2	L=1x45°	Точіння фаски	h14	12,5	-
3	Ø110	Точіння чорнове півчистове	h14 h14	12,5	-
4	R=20, b=8, l=40	Точіння чорнове півчистове	14 h14	12,5 6,3	-
6	Ø62	Розточування чорнове півчистове чистове тонке	H14 H11 H9 K7	12,5 6,3 3,2 1,25	 0,02  0,02 A
7	R=1	Чорнове точіння	H14	12,5	-
8	Ø56	Розточування чорнове півчистове	H14 H14	12,5 6,3	-
9	L=25	Точіння чорнове півчистове	H14 H14	12,5 6,3	 0,025
10	L=25	Точіння чорнове півчистове	H14 H14	12,5 6,3	 0,025
11	Ø62	Розточування чорнове півчистове чистове тонке	H14 H11 H9 K7	12,5 6,3 3,2 1,25	 0,02  0,02 A

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Деталь «Ролик» виконана у вигляді креслення формату А4 у масштабі 1:1. На кресленні представлено головний вид у розрізі, а вся необхідна технічна інформація розміщена у штампі.

Конструкція ролика відзначається технологічністю, проте його виготовлення вимагає застосування високоточних верстатів. Особливо точна обробка потрібна для шийок, на які встановлюються підшипники.

Деталь пристосована до застосування високопродуктивних режимів обробки, має зручні базові поверхні для виконання початкових технологічних операцій та характеризується простою формою й конструкцією.

Зовнішні поверхні можуть одночасно виконувати функції установчих і опорних баз у процесі обробки, а також використовуватися як бази під час складання.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Виготовлення заданої деталі передбачає виконання ряду послідовних технологічних операцій, зокрема:

005 – токарна обробка чорнова,

010 – термообробка,

015 – токарна обробка чистова.

З урахуванням характеру та обсягу обробки поверхонь, що були визначені раніше, здійснюється вибір відповідного металорізального устаткування та інструментів. Відібрані дані наведені у таблиці 2.4.

Операції виконуємо на токарному верстаті з ЧПК моделі CHALLENGER 117HT



Рисунок 2.2 – Горизонтально – токарний верстат з ЧПК моделі CHALLENGER 117HT

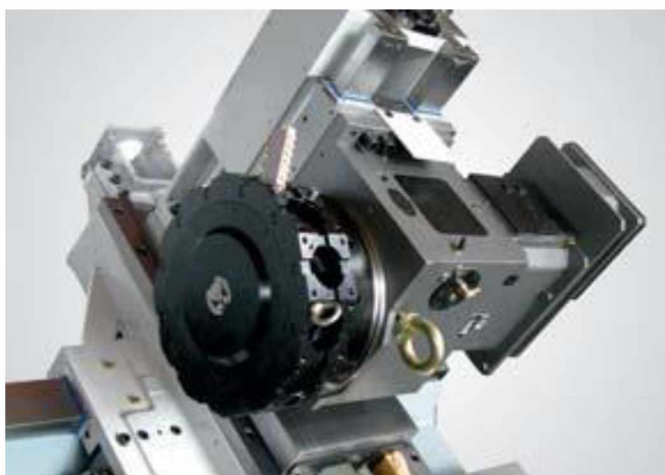


Рисунок 2.3 – Револьверна головка верстат з ЧПК моделі CHALLENGER 117HT

					КНУ.КБР.131.25.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики

Зона обробки:

- Максимальний діаметр обробки над станиною – 900 мм
- Максимальний діаметр обробки над супортом – 700 мм
- Максимальний діаметр точіння – 700 мм (стандарт) / 610 мм (TBMA VDI50) / 505 мм (TBMA VDI60)
- Максимальна довжина точіння – 1300 мм / 2050 мм / 2800 мм / 3800 мм
- Кут нахилу станини - 45°
- Максимальний діаметр прутка – 117,5 мм

Переміщення:

- Переміщення по вісі X – 385 (350+35) мм
- Переміщення по вісі Y – 100 (±50) мм
- Переміщення по вісі Z – 1500 мм / 2250 мм / 3000 мм / 4000 мм

Шпиндель:

- Частота обертів шпинделя – 1500 об/хв.
- Конус шпинделя – A2-11
- Діаметр отвору в шпинделі – 155 мм
- Тип приводу – 2х швидкісна передача
- Діаметр гідравлічного патрона – 450 мм
- Потужність шпинделя Fanuc – 30/37 кВт
- Потужність шпинделя Siemens – 30/45 кВт

Револьверна головка:

- Тип револьверної головки – гідравлічна
- Кількість позицій револьверної головки – 12 шт
- Діаметр розточувальної оправки – 60 мм

Приводні блоки:

- Хвостовик інструменту – VDI 50 / BMT 75 / VDI 60 / BMT 85 (без вісі Y)
- Перетин державки – 32 мм
- Потужність приводу – 3,7 кВт
- Максимальна швидкість – 4000 об/хв.

Вісі:

- Прискорена подача по вісі X/Y/Z – 20 / 20 / 20 м/мин
- ШВП по вісі X/Y/Z – Ø40 x P10 x C3 / Ø40 x P10 x C3 / Ø50 x P12 x C3

Точність:

- Точність позиціонування – 0,01/300
- Повторюваність – ±0,01

Задня бабка:

- Тип – ЧПУ
- Конус пінолі – 5 МТ
- Діаметр пінолі – 150 мм
- Переміщення пінолі – 150 мм
- Переміщення задньої бабки – 1300 мм / 2050 мм / 2800 мм / 3800 мм

Додаткові дані:

- Маса станка без транспортера для видалення стружки – 12000 кг
- Площа з транспортером для видалення стружки (Ш x Д) - 6700 x 3000 мм

					КНУ.КБР.131.25.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- Довжина з/без транспортера для видалення стружки – 5070 мм / 5650 мм / 6500 мм / 7385 мм / 8500 мм
- Ширина х висота – 2350 х 2300 мм
- Енергоспоживання – 50 кВт

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

№ з/п	Найменування операції	Тип верстату	Примітка
1	2	3	4
1	Підрізання торця чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
2	Точіння фаски	CHALLENGER 117HT	-
3	Точіння чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
4	Точіння чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
5	Підрізання торця чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
6	Розточування чорнове півчистове чистове	CHALLENGER 117HT	-
7	Чорнове точіння	CHALLENGER 117HT	-
8	Розточування чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
9	Точіння чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
10	Точіння чорнове півчистове	CHALLENGER 117HT	-
11	Розточування чорнове півчистове чистове	CHALLENGER 117HT	-

З ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З урахуванням обсягу та особливостей раніше застосованих методів обробки поверхонь, необхідно провести підбір сучасного інструментального оснащення, що пропонується як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками. Для кожної поверхні, що підлягає обробці, здійснюється обґрунтований вибір типу інструмента з поданням відповідного ескізу. Узагальнена інформація подана у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента
1	Підрізання торця, чорнове, півчистове	Різець для контурного точіння
2	Точіння фаски	Різець для контурного точіння
3	Точіння чорнове півчистове	Різець для контурного точіння
4	Точіння чорнове півчистове	Різець для контурного точіння
5	Підрізання торця чорнове півчистове	Різець для контурного точіння
6	Розточування чорнове півчистове, чистове тонке	Різець для контурного розточування
7	Чорнове точіння	Різець для контурного розточування
8	Розточування чорнове півчистове	Різець для контурного розточування
9	Точіння чорнове півчистове	Різець для контурного розточування
10	Точіння чорнове півчистове	Різець для контурного розточування
11	Розточування чорнове, півчистове, чистове, тонке	Різець для контурного розточування

					КНУ.КБР.131.25.1-19.03.ВРДІ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Попов			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Нечаєв						
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-21		
Н. контр.		Нечаєв						
Зав. каф.		Рязанцев						

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Виходячи з фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, типу обробки та характеристик металорізального обладнання, для кожного інструмента визначаються матеріал ріжучої частини, оптимальні геометричні параметри, а також характеристики з'єднувальної частини.

Дані щодо підібраних інструментів систематизовано у таблиці 3.2. Вибір здійснюється відповідно до рекомендацій каталогу SECO [1].

Позиції 1-5.

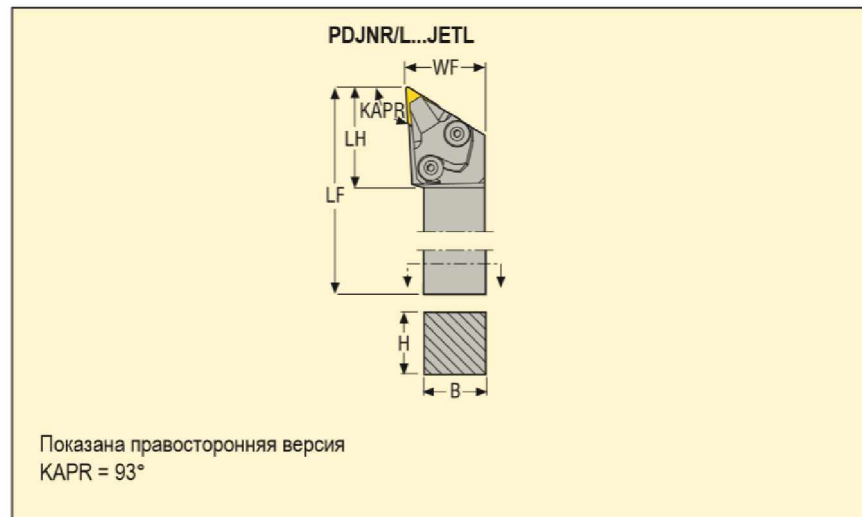


Рисунок 3.1 – Державка PDJNR2525M15JETL 93° [1, с.144]

Геометричні параметри: $h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $LF=150\text{ мм}$; $WF=32,2\text{ мм}$; $LH=41\text{ мм}$; $KAPR=93^\circ$; $\gamma=-6^\circ$; $\lambda=-6^\circ$

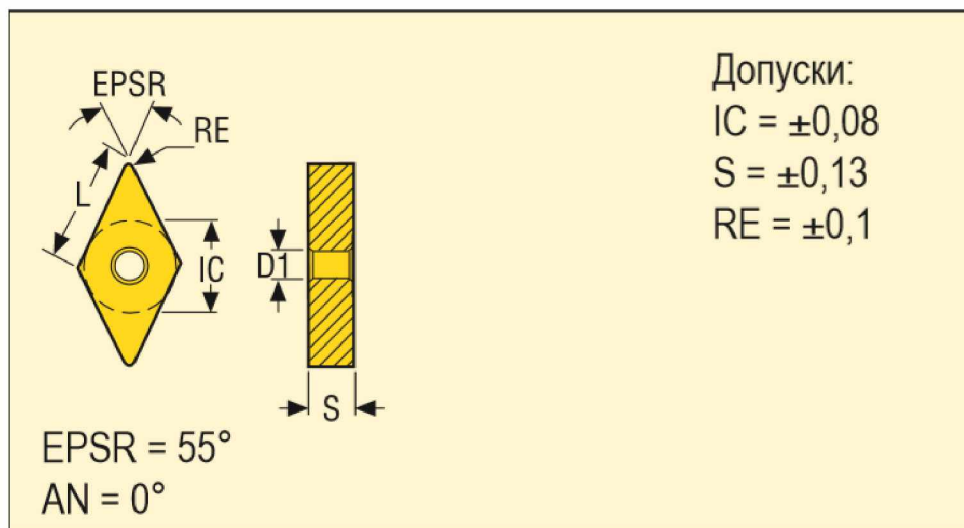


Рисунок 3.2 – DNMO 150612 – MR7 з покриттям TP1500 [1, с.404]

Позиції 6-11

					КНУ.КБР.131.25.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

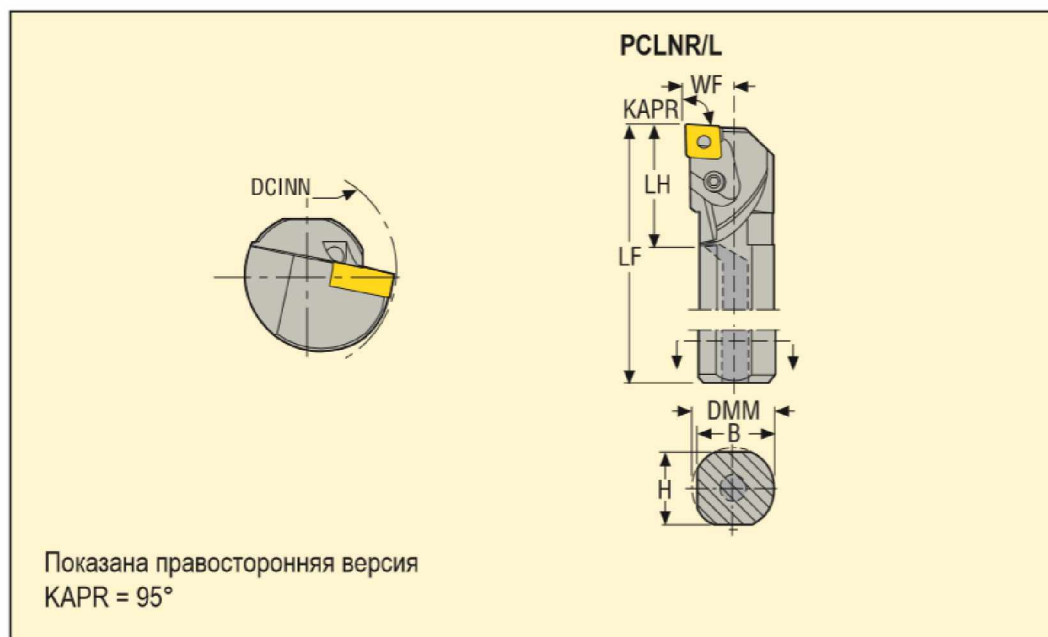


Рисунок 3.3 – Державка внутрішня A25S-PCLNR09 [1, с.320]

Геометричні параметри: DMM=25 мм; h=23 мм; b=24 мм; LF=250 мм; WF=17 мм; LH=35 мм; DCINN=32 мм; KARP=95°; $\gamma = -6^\circ$; $\lambda = -11^\circ$.

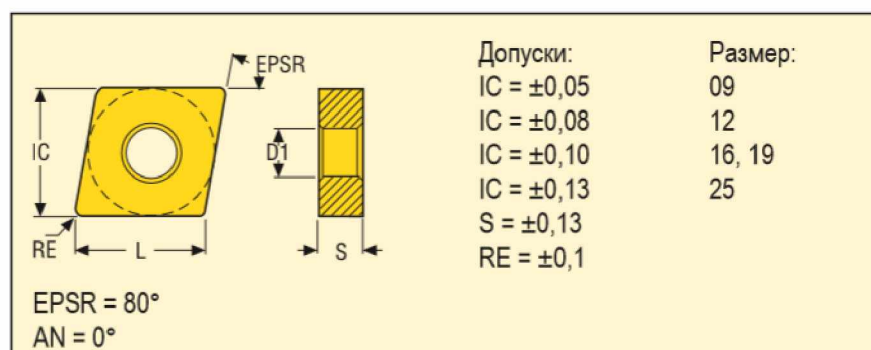


Рисунок 3.4 – Пластина CNMG120408-MR6 з покриттям TP1500 для чорнової обробки [1, с.393]

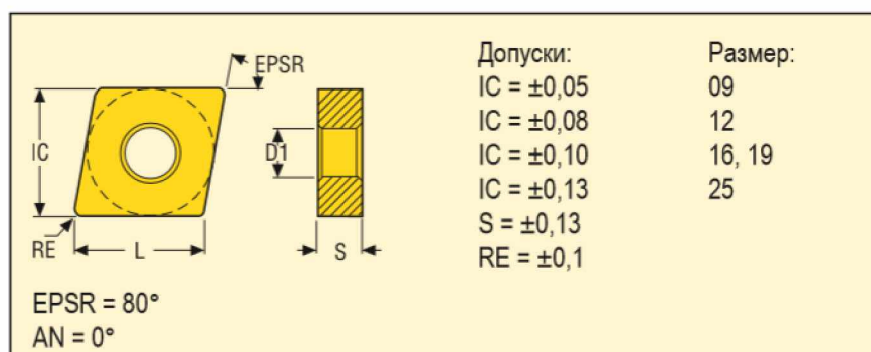


Рисунок 3.5 – Пластина CNMG 120408-MF2 з покриттям TP1500 для для напівчистової обробки [1, с.390]

					КНУ.КБР.131.25.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

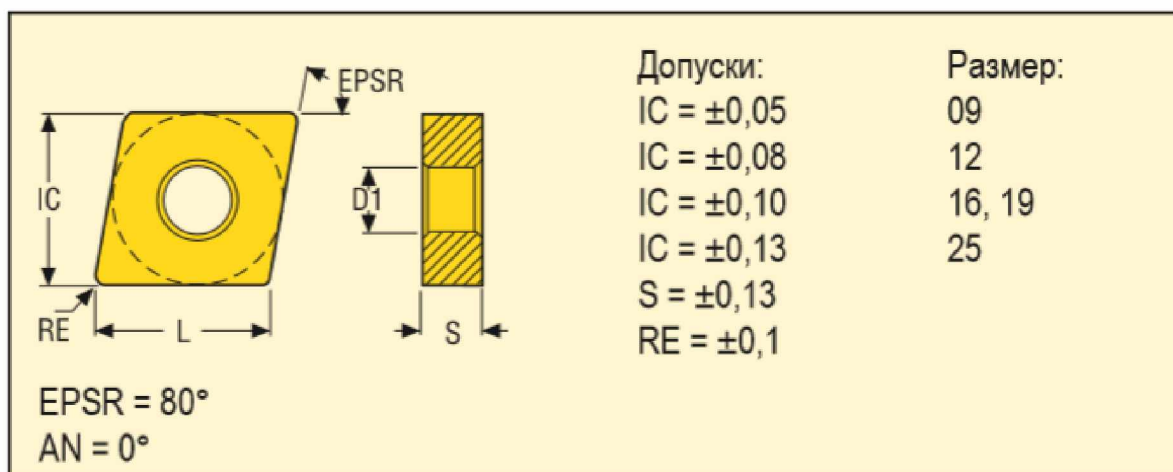


Рисунок 3.6 – пластина CNMG 120408 – FF2 з покриттям TP1500 для чистової обробки [1, с.389]

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструмента	Матеріал різальної частини інструмента	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1, 2, 3, 4, 5	Різець для контурного точіння	TP1500	PDJNR2525M15JE TL	h=25мм; b=25мм; LF=150 мм; WF= 32,2 мм; LH= 41 мм; KAPR = 93°; $\gamma = - 6^\circ$; $\lambda = - 6^\circ$
6, 7, 8, 9, 10, 11	Різець для контурного розточування	TP1500	A25S-PCLNR09	DMM=25 мм; h=23 мм; b=24 мм; LF=250 мм; WF=17 мм; LH=35 мм; DCINN=32 мм; KARP=95°; $\gamma = - 6^\circ$; $\lambda = - 11^\circ$

3.3 Вибір типорозміру різальних інструментів

З урахуванням способу обробки, типу інструмента, конструктивних параметрів ріжучої частини та габаритів, визначених на основі міцнісного розрахунку, обираються типорозміри металорізального інструменту. При цьому враховується наявний асортимент інструментів вітчизняного та іноземного виробництва. Ескіз обраного ріжучого інструмента подано відповідно до характеру оброблюваної поверхні. Всі технічні характеристики наведено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ пов.	Тип інструменту і пластини	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал ріжучої частини інструменту	Шифр інструменту за міжнародними стандартами
1, 2, 3, 4, 5	Різець для контурного точіння	h=25мм; b=25мм; LF= 150 мм; WF= 32,2 мм; LH= 41 мм; KAPR = 93°; $\gamma = - 6^\circ$; $\lambda = - 6^\circ$	TP1500	Державка: PDJNR2525M15JETL Пластини: Чорнова, напівчистова DNMO 150612–MR7
6, 11	Різець для контурного розточування	DMM=25 мм; h=23 мм; b=24 мм; LF=250 мм; WF=17 мм; LH=35 мм; DCINN=32 мм; KARP=95°; $\gamma = - 6^\circ$; $\lambda = - 11^\circ$	TP1500	Державка: A25S-PCLNR09 Пластини: чорнова CNMG120408-MR6 напівчистова CNMG 120408-MF2 Чистова CNMG 120408 – FF2
7	Різець для контурного розточування	DMM=25 мм; h=23 мм; b=24 мм; LF=250 мм; WF=17 мм; LH=35 мм; DCINN=32 мм; KARP=95°; $\gamma = - 6^\circ$; $\lambda = - 11^\circ$	TP1500	Державка: A25S-PCLNR09 Пластини: чорнова CNMG120408-MR6
8, 9, 10	Різець для контурного розточування	DMM=25 мм; h=23 мм; b=24 мм; LF=250 мм; WF=17 мм; LH=35 мм; DCINN=32 мм; KARP=95°; $\gamma = - 6^\circ$; $\lambda = - 11^\circ$	TP1500	Державка: A25S-PCLNR09 Пластини: чорнова CNMG120408-MR6 напівчистова CNMG 120408-MF2

3.4 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструментів розглядаються найбільш навантажені умови експлуатації — чорнове точіння. Враховуючи умови різання, зокрема фізико-механічні властивості матеріалу заготовки, параметри верстата та режими обробки, виконуються розрахунки сил різання. Доцільно використовувати автоматизовані засоби розрахунку режимів різання для

					КНУ.КБР.131.25.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

підвищення точності й ефективності. Обраний інструмент проходить перевірку на міцність в умовах максимальної експлуатаційної навантаження.

Для розрахунків використовується прохідний різець типу PWLNR 2020K08JETL, оскільки саме він забезпечує зняття найбільшого припуску під час механічної обробки та працює в найбільш складних умовах. Розміри різця: $h=25$ мм; $b=25$ мм; $LF=150$ мм; $WF=32,2$ мм; $LH=41$ мм.

1. Визначаємо силу різання: визначена розрахунком режимів різання

$$P_z = 2674 \text{ Н}$$



Калькулятор режимів різання
19.12.2019

Walter AG
www.walter-tools.com

Точение | Токарная обработка ISO

P	Низколегированная сталь отожженная (HB 175, Rm 591 N/mm ²)
Диаметр заготовки	113.00 Dc mm
Скорость резания	533 Vc m/min
Частота вращения, об./мин	1500 n RPM
Глубина резания	1.50 ap mm
Главный угол в плане	90 k °
Подача на оборот	0.80 fn mm/rev
Минутная подача	1200 vf mm/min
Длина обработки	63 lm mm
Передний угол	-6 γ °
КГД станка	90 η %
Критерий износа	5 %
Сила резания	2674.22 Fc N
Удельный съём материала	630.72 cm ³ /min
Время обработки	3.15 Секунд
Момент	149.21 Mc Nm
Мощность	23.43 Pmot KW

Рисунок 3.7 – Розрахунок режимів різання

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

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{\text{доп}} = \frac{bh^2\sigma_{\text{и.д.}}}{6l} = \frac{25 \times 25^2 \times 200}{6 \times 150} = 3472 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{\text{жорст}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \times 0.1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11} \times 32.552 \times 10^{-8}}{(150 \times 10^{-3})^3} = 5787 \text{ Н}$$

де: $f=0.1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

					КНУ.КБР.131.25.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \times 25^3}{12} = 32552 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

$$P_{\text{здоп}} > P_Z < P_{\text{зжорст}}$$

$$3472 > 2674 < 5787$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

3.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Зважаючи на геометричні характеристики посадочних поверхонь верстата для кріплення різального інструменту, а також параметри відповідних поверхонь самих інструментів, відповідно до міжнародних стандартів визначаємо типи допоміжного оснащення для кожного обраного різального інструменту. Отримані дані подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Вибір типу допоміжного інструменту

№ з/п пов.	Металорі зальний верстат	Параметри посадочного місця верстата під інструмент	Тип ріжучого інструменту	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5	6
1, 2, 3, 4, 5	CHALLENGER 117HT	DMM= 40мм	Різець для контурного точіння PDJNR2525 M15JETL	h=25 мм; b=25 мм	Різцетримач з квадратним перетином ASHN-VDI40-25-JETI
6, 7, 8, 9, 10, 11	CHALLENGER 117HT	DMM= 25 мм	Різець для контурного розточування	h=23 мм; b=24 мм	Різцетримач типу E2 309.52.25

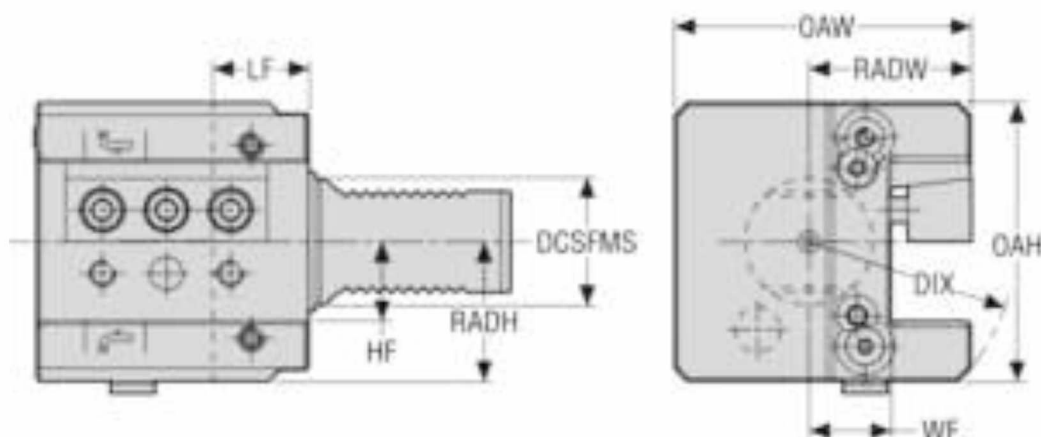


Рисунок 3.8 – Допоміжний інструмент ASHN-VDI40-25-JETI [2]

Геометричні параметри: DCSFMS=40; LF=30; HF=25; OAD=92.75; RADW=50.75; OAH=88.



Рисунок 3.9 – Допоміжний інструмент E2 309.52.25 [2]

Геометричні параметри: $d_1=30$ мм; $d_2=25$ мм; $d_6=68$ мм; $d_8=55$ мм; $h_1=28$ мм; $h_2=30$ мм; $L_3=22$ мм; $L_6=22$ мм

					КНУ.КБР.131.25.1-19.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

На основі аналізу методів обробки поверхонь та вибраних типів ріжучих інструментів виконуємо розрахунок спеціального ріжучого інструменту – дискового фасонного різця.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки – Сталь 40Х;

Твердість – 345-360 НВ;

Стан поверхні – після механічної обробки;

Діаметр до обробки - $55 \text{ H}10\left(\begin{smallmatrix} +0.14 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$;

Діаметр після обробки – $56 \text{ H}7\left(\begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$;

Шорсткість поверхні – Ra 3,2;

Найбільша довжина протягування – 63 мм;

Верстат – 7720, тягова сила – 204 кН, максимальна довжина ходу салазок – $L_{\max} = 1600$ мм, діапазон швидкостей – 1,5-11,5 м/хв;

Стан верстату – задовільний;

Тип виробництва – масове.

Порядок розрахунку:

1. Припуск під протягування, мм; $A=0,75$
 2. Діаметр до протягування, мм; $D_{01} = 55,25$
 3. Діаметр до протягування, мм; $L_1 = 290$
 4. Діаметр хвостовика, мм; $d_1=50$
 5. Площа хвостовика, мм^2 ; $F_x = 1385,4$
 6. Крок решуних зубів, мм; $t_p=4,35$
 7. Прийнятий крок решуних зубів, мм; $t=4,5$
 8. Найбільше число одночасно працюючих зубів; $z_{\max}=3$
 9. Глибина стружкової канавки, мм; $h_k=2$
 10. Площа стружкової канавки, мм^2 ; $F_k = 3,14$
 11. Коефіцієнт заповнення стружкової канавки; $K=4$
 12. Подача, допустима за розміщенням стружки, мм/зуб; $S_{zk} = 0,0785$
 13. Найбільше зусилля, допустиме хвостовиком, Н; $P_x=346350$
 14. Найбільше зусилля, допустиме на міцність по 1 зубу, Н; $P_1 = 824740,625$
 15. Розрахункова сила різання, Н; $P_p=90000$
 16. Подача, допустима за силою різання, мм/зуб; $S_{zp} = 0,020152$
- $S_{zp} < S_{zk}$; групова схема різання

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-19.04.ПІАРІ</i>		
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			
Розроб.		Попов			Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	Літ.	Арк.
Перевір.		Нечаєв					
Реценз.						Каф. ТМ, гр. ПМ-21	
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					

Подальший розрахунок передбачено тільки для одинарної схеми різання

17. Орієнтовна довжина ріжучої частини, мм; $L_p=84,375$; ($S_z=0,02$)

18. Діаметри ріжучих зубів:

$D[1]=55,25$

$D[2]=55,29$

$D[3]=55,33$

$D[4]=55,37$

$D[5]=55,41$

$D[6]=55,45$

$D[7]=55,49$

$D[8]=55,53$

$D[9]=55,57$

$D[10]=55,61$

$D[11]=55,65$

$D[12]=55,69$

$D[13]=55,73$

$D[14]=55,77$

$D[15]=55,81$

$D[16]=55,85$

$D[17]=55,89$

$D[18]=55,93$

$D[19]=55,97$

$D[20]=56,01$

19. Число ріжучих зубів; $Z_p=20$

20. Довжина ріжучої частини; $L_p = 85,5$

21. Число зубів калібруючої частини; $Z_k = 8$

22. Крок калібрує зубів, мм; $T_k=3$

23. Довжина калібруючої частини, мм; $L_k=24$

24. Довжина заднього напрямку протяжки, мм; $L_z = 10$

25. Загальна довжина протяжки, мм; $L_{пр} = 409,5$

26. Необхідна довжина робочого ходу, мм; $L_{рх} = 119,5$

27. Відстань між стружкорозділювальними канавками, мм; $b = 12,7216351150314$

28. Число стружкорозділювальний канавок; $nc=14$

29. Глибина викружки, мм; $h_v = 0,1$

30. Відстань між осями кола та протяжки, мм; $a = 0,75$

31. Допоміжний кут; $\cos\theta=0,997898695560699$

32. Число викруток; $i=2,56311727054089$

33. Фактична довжина ріжучої кромки, мм; $b = 12,7216351150314$

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

У процесі проектування та виготовлення інструменту для обробки металів тиском важливою складовою є перевірка його міцності, жорсткості та експлуатаційної надійності. Одним із таких інструментів є кругла протяжка, яка

					КНУ.КБР.131.25.1-19.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

використовується для обробки внутрішніх поверхонь заготовок методом протягування. З метою забезпечення її ефективної роботи та тривалого ресурсу необхідно провести інженерний аналіз навантажень, які діють на конструкцію під час експлуатації.

У даній роботі виконано розрахунок круглої протяжки за допомогою модуля SolidWorks Simulation, що дозволяє здійснювати тривимірне моделювання напружено-деформованого стану конструкції. Було побудовано геометричну модель інструменту, застосовано відповідні граничні умови та навантаження, після чого виконано сіткування та проведено аналіз методом скінченних елементів (FEM).

Метою аналізу є визначення розподілу напружень і деформацій у тілі протяжки, а також виявлення потенційно небезпечних зон з точки зору міцності. Отримані результати дозволяють оцінити працездатність конструкції, обґрунтувати вибір матеріалу та, за необхідності, внести зміни в геометрію інструменту для підвищення його надійності.

Дане дослідження проведено за допомогою модуля SolidWorks Simulation. Метою є визначення напружень, переміщень та деформацій в тілі круглої протяжки під дією навантаження. Отримані результати дозволяють оцінити міцність та жорсткість конструкції, виявити потенційно небезпечні зони та обґрунтувати можливі шляхи підвищення її надійності.

Вихідні дані:

- Матеріал: сталь 1.2083 (X40Cr14)
- Питома маса: 7740 кг/м³
- Модуль пружності: 2.1×10^{11} Н/м²
- Межа плинності: 1.2×10^9 Н/м²
- Прикладене зусилля: 90 000 Н
- Тип закріплення: фіксація однієї грані

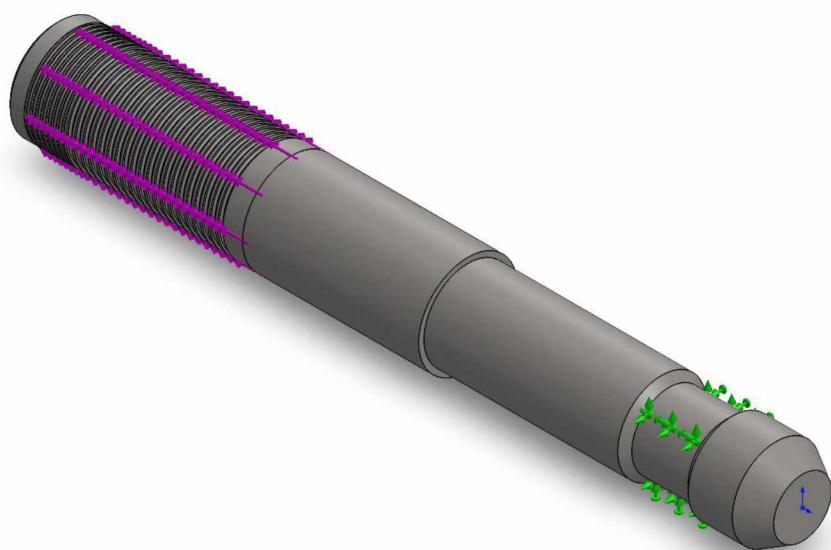


Рисунок 4.1 – Прикладання сил різання та фіксація інструменту

					КНУ.КБР.131.25.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

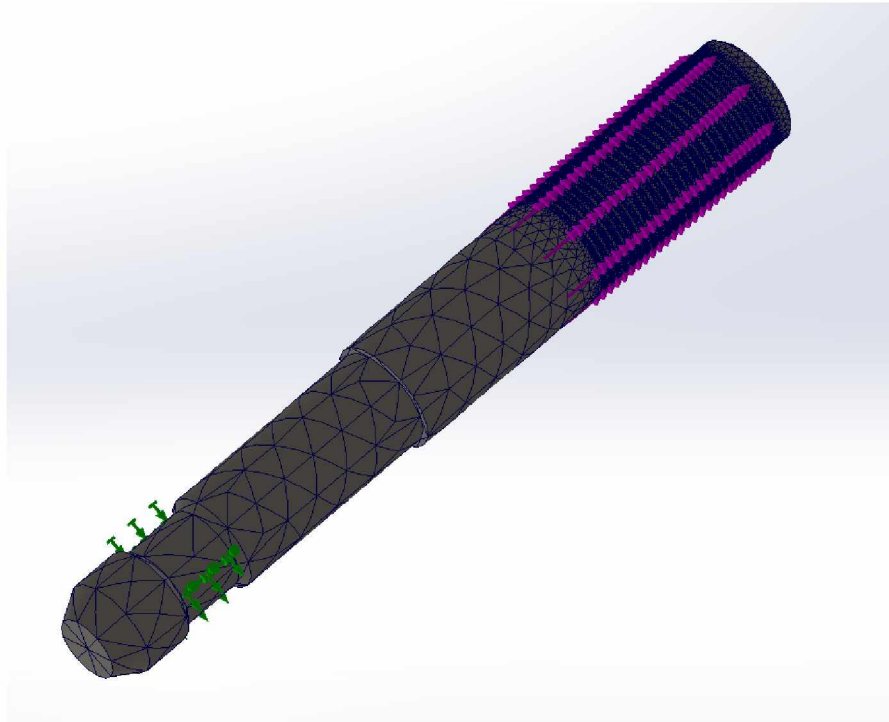


Рисунок 4.2 – Сітка кінцевих елементів протяжки

4.2.1 Результати аналізу

4.2.1.1 Епюра напружень

Максимальне значення напруження: 3.39×10^9 Н/м² Мінімальне значення напруження: 5.01×10^5 Н/м² (рис. 4.3).

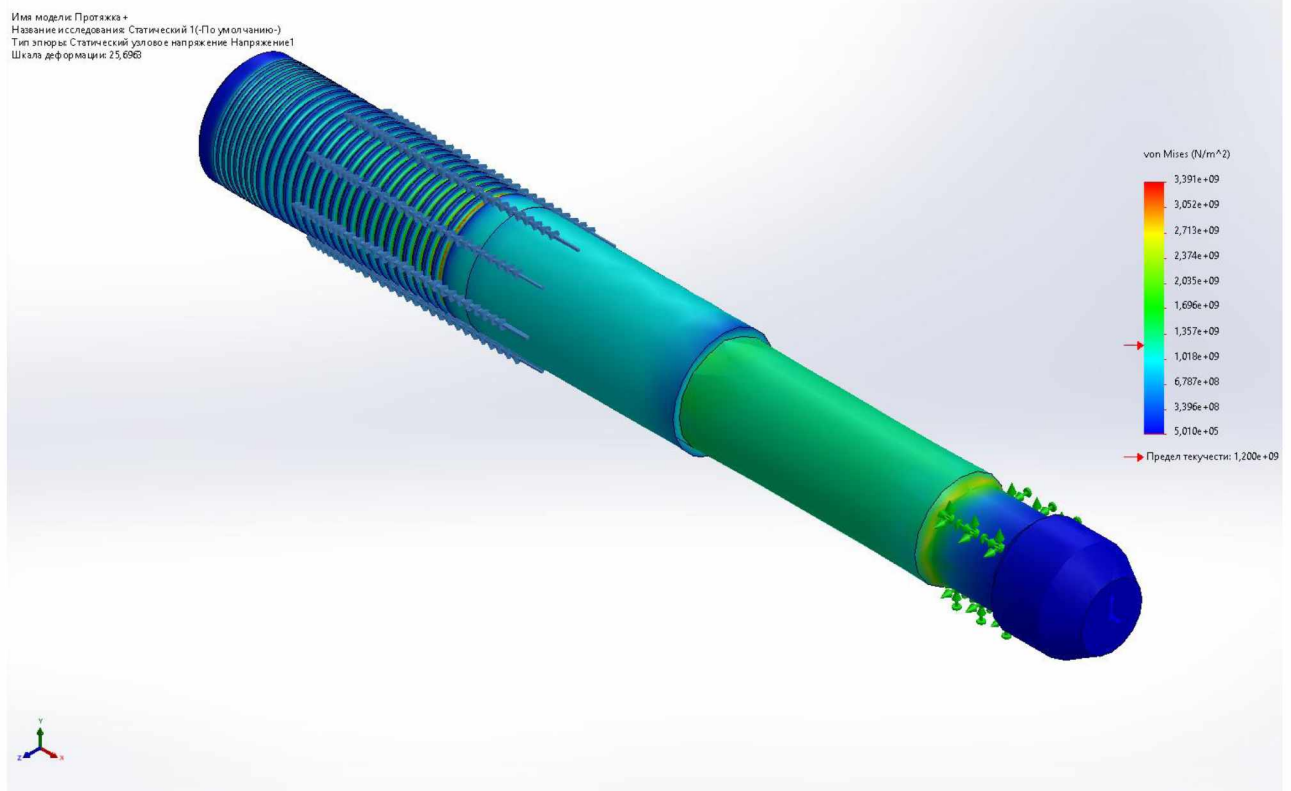


Рисунок 4.3 – Епюра напружень протяжки

					КНУ.КБР.131.25.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Аналіз епюри напружень показує, що в окремих зонах деталі виникають значні концентрації напружень, які суттєво перевищують межу плинності обраного матеріалу. Це свідчить про ризик локального пластичного деформування, що потенційно може призвести до утворення тріщин або руйнування при багаторазовому навантаженні. Особливу увагу слід приділити зоні з максимальним навантаженням, з метою її підсилення, або перегляду геометрії для зниження концентрації напружень.

4.2.1.2 Епюра переміщень

Максимальне переміщення: 1.65 мм Мінімальне переміщення: 0.00 мм (рис. 4.4)

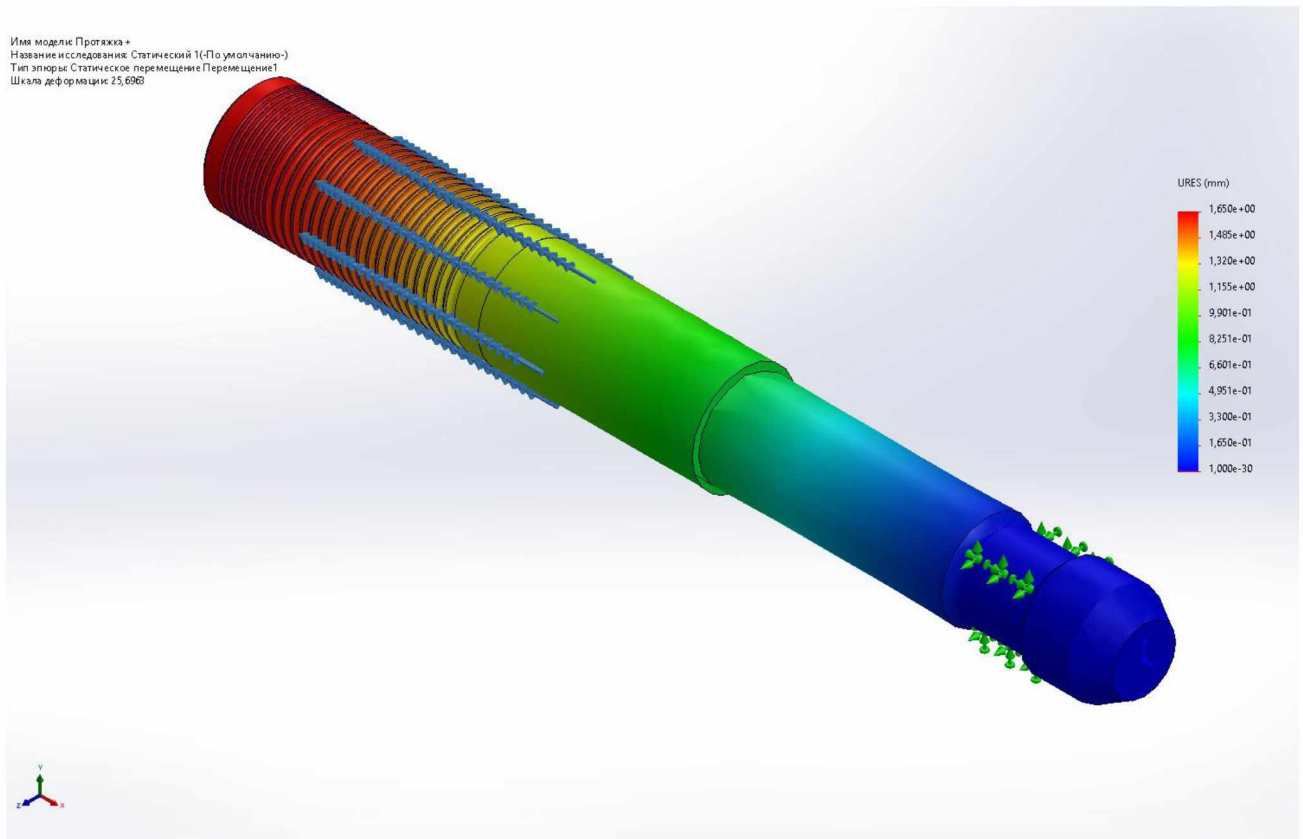


Рисунок 4.4 – Епюра переміщень протяжки

Переміщення у конструкції знаходяться в допустимих межах. Найбільше зміщення спостерігається у зоні прикладення навантаження, що є очікуваним результатом. Відсутність значних прогинів вказує на достатню жорсткість конструкції в загальному об'ємі. Проте, у випадку високоточних операцій або динамічних навантажень, даний рівень переміщення може потребувати врахування або обмеження.

4.2.1.3 Епюра деформацій

Максимальна деформація: 1.28×10^{-2} (безрозмірна)

Мінімальна деформація: 6.16×10^{-6} (безрозмірна) (рис. 4.5)

					КНУ.КБР.131.25.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Имя модели: Протяжка
 Название исследования: Статический 1 (По умолчанию)
 Тип эл. элементов: Статическая деформация Деформация1
 Шкала деформации: 25,6963

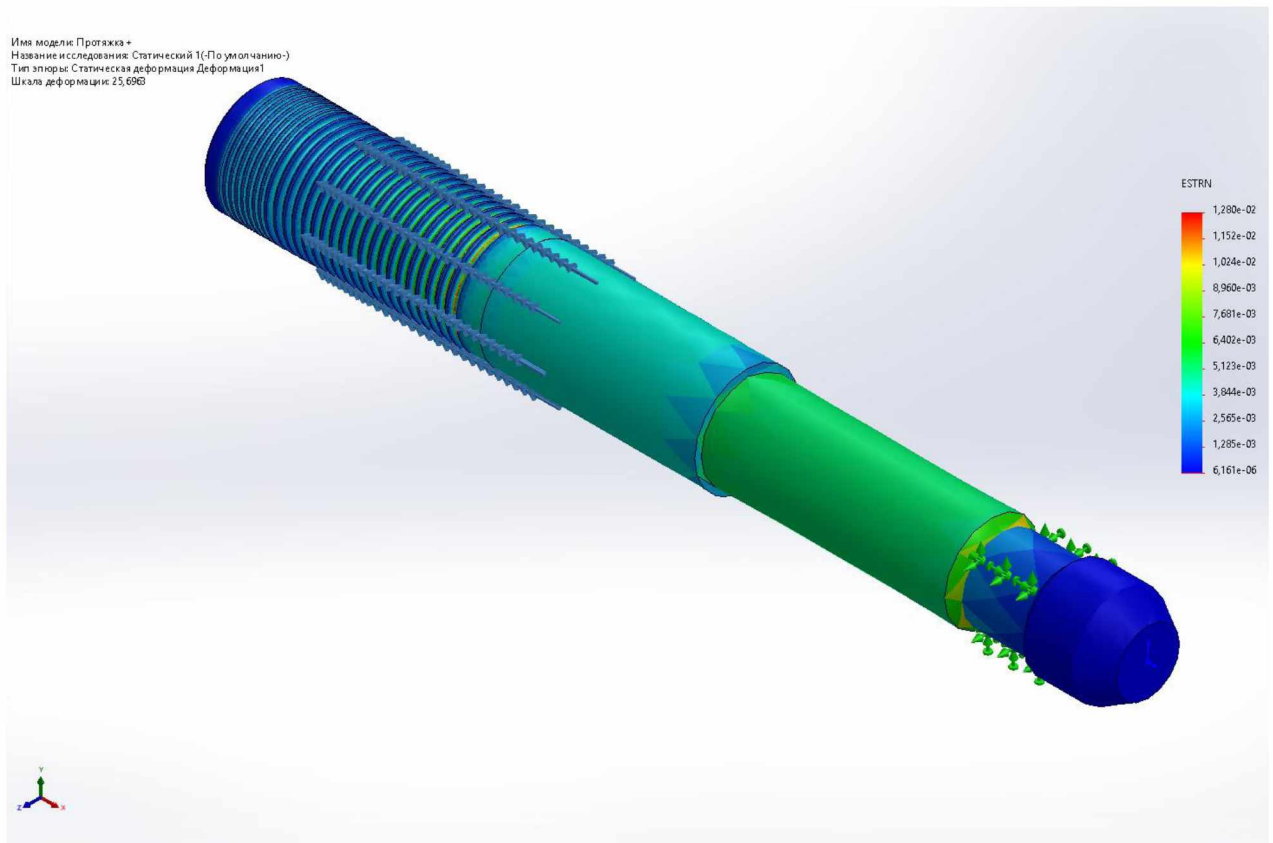


Рисунок 4.5 – Епюра напружень

Розподіл деформацій демонструє пружний характер деформування більшості об'єму деталі. Значення залишаються у межах пружної зони, окрім локальних ділянок, де спостерігаються підвищені значення. Такі ділянки можуть бути результатом геометричних особливостей або нерівномірного розподілу навантаження. Їхнє виявлення дозволяє зробити висновки про потенційні місця ослаблення, що потребують посилення або зміни форми.

4.2.2 Загальний висновок

На основі результатів статичного аналізу круглої протяжки встановлено, що конструкція загалом демонструє задовільну жорсткість та стійкість до деформацій. Проте наявність локальних перевищень межі плинності свідчить про можливе виникнення пластичних деформацій, що може знизити ресурс деталі при тривалому використанні.

Рекомендовано:

- Провести оптимізацію геометрії в зонах концентрації напружень.
- Розглянути можливість зміни матеріалу на більш міцний або з вищою межею плинності.
- Впровадити локальне підсилення конструкції в критичних зонах.

Дотримання вказаних заходів дозволить підвищити надійність і довговічність деталі, зменшити ризик виникнення відмов у процесі експлуатації.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.04.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 здійснення токарної обробки деталі «Ролик прокатний» було розроблено керуючу програму та змодельовано відповідний технологічний процес із використанням програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Оброблення проводиться на токарному верстаті з числовим програмним керуванням CHALLENGER 117HT. Повна технічна специфікація верстата подана в розділі 2.

Управління обладнанням здійснюється за допомогою системи Fanuc OiTF (див. таблицю 5.1).

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК Fanuc OiTF

Параметр	Значення
Тип системи	Числове програмне керування (ЧПК) для токарних верстатів
Кількість керованих осей	До 9 осей (включаючи шпиндель)
Інтерполяція	Лінійна, кругова, гелікоїдна, сплайн-інтерполяція
Максимальна кількість блоків програми	До 640 м (розширюється опціями)
Максимальна кількість інструментів у пам'яті	До 400 інструментів
Роздільна здатність команд	0.01 / 0.001 / 0.0001 мм
Система координат	Абсолютна та інкрементна
Формат програм	G-коди (ISO), підтримка користувачьких макросів
Інтерфейси	Ethernet, USB, RS-232C, CF-картка
Дисплей	РК-дисплей 8.4" або 10.4" кольоровий
Оперативна пам'ять програми	Стандартно 512 Кб, розширюється
Підтримка макропрограмування	Стандартне макропрограмування (Custom Macro A)
Мова інтерфейсу	Багатомовний інтерфейс, у тому числі англійська, українська (у деяких версіях)
Контроль помилок	Виявлення збоїв з автоматичним зупиненням

Особливості Fanuc Oi-TF

Висока надійність. Fanuc – один з найвідоміших виробників систем ЧПК з відмінною репутацією щодо стабільної та довговічної роботи.

Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс. Зручне меню, підтримка кольорової графіки, швидкий доступ до параметрів, програм, налаштувань.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.05.МПОМО				
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата	Моделювання та програмування операцій механічної обробки		Літ.	Арк.	Архів
Розроб.	Попов								
Перевір.	Нечаєв								
Реценз.							Каф. ТМ, гр. ПМ-21		
Н. контр.	Нечаєв								
Зав. каф.	Рязанцев								

Енергозбереження. Оптимізація споживання енергії в режимах очікування або низького навантаження.

Підтримка високошвидкісної обробки. Функції Look-Ahead, розгортка кута, високоточної обробки складних контурів.

Автоматична зміна інструмента. Повна інтеграція з револьверними головками та інструментальними магазинами.

Безпека та діагностика. Вбудовані функції моніторингу стану системи, журнал помилок, системи безпеки оператора.

Можливість віддаленого керування та діагностики. Через Ethernet або USB – підтримка передачі/завантаження програм, параметрів, даних.

Гнучкість у налаштуванні. Параметри системи можна адаптувати під конкретний тип верстата, виробництва або задачі.

Переваги Fanuc 0i-TF у порівнянні з попередніми версіями:

- збільшена швидкість обробки даних та відповідь системи.
- покращене графічне відображення траєкторій.
- розширення пам'яті та можливостей макропрограмування.
- підтримка сучасних інтерфейсів зв'язку (Ethernet, USB).
- краще узгодження з сучасними сервоприводами Fanuc.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Під час розробки керуючої програми для обробки деталі типу «Ролик прокатний» було змодельовано всі етапи технологічного процесу з використанням системи автоматизованого програмування FeatureCAM. З урахуванням технічних характеристик токарного верстата CHALLENGER 117HT, системи керування Fanuc 0iTF, а також параметрів металорізального інструменту, наведених у розділі 3, сформовано технологічну послідовність операцій. Проведено перевірку коректності прийнятих технологічних рішень, у результаті чого отримано керуючу програму для обробки деталі типу «ролик».

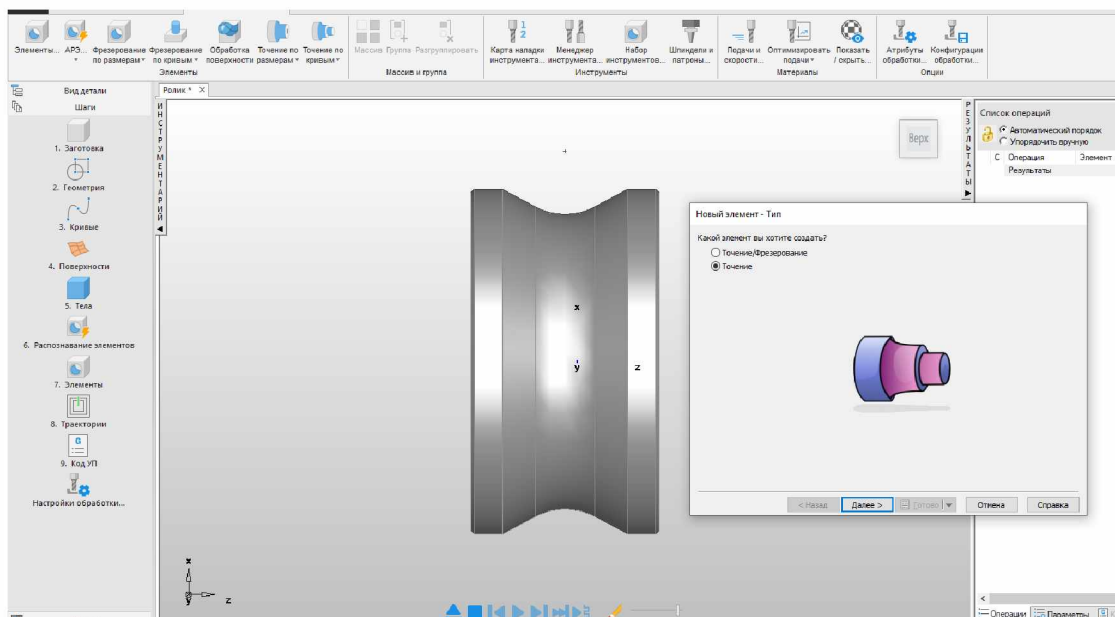


Рисунок 5.1 – Розпізнавання елементів деталі «Ролик прокатний» у FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-19.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

На рисунках 5.1-5.8 представлено послідовність симуляційних етапів обробки деталі типу „Ролик прокатний“, а також результати моделювання, що засвідчують відповідність розробленої технологічної маршрутизації вимогам щодо точності та ефективності процесу обробки.

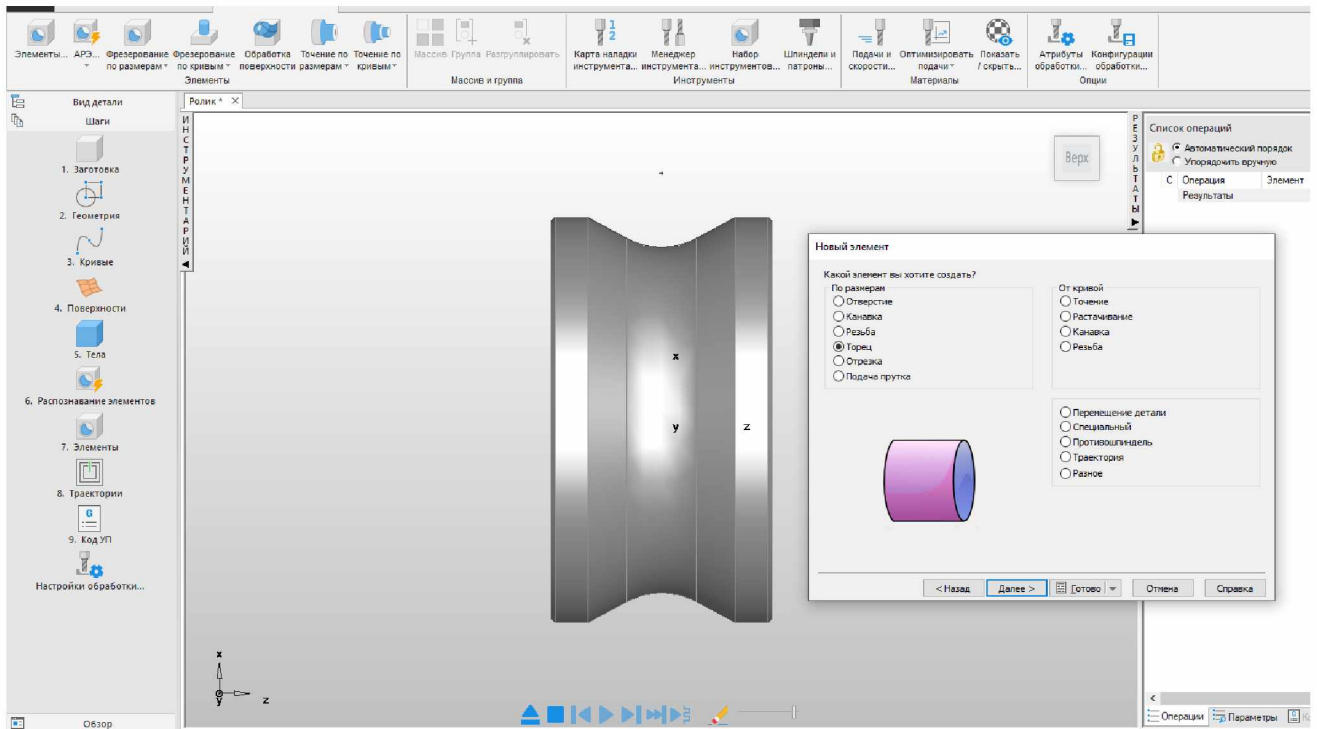


Рисунок 5.2 – Розпізнавання елементів деталі «Ролик прокатний» у FeatureCAM

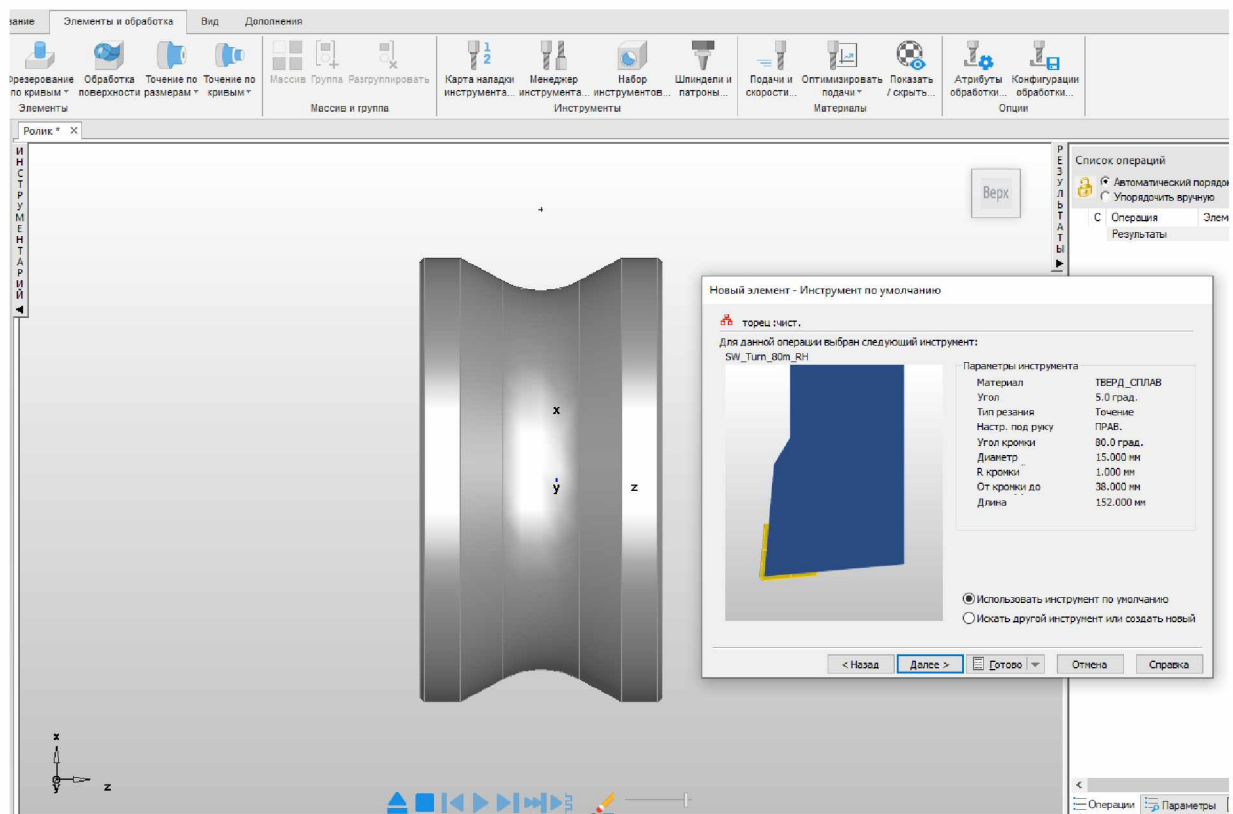


Рисунок 5.3 – Вибір у FeatureCAM металорізального інструменту – різець

					КНУ.КБР.131.25.1-19.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

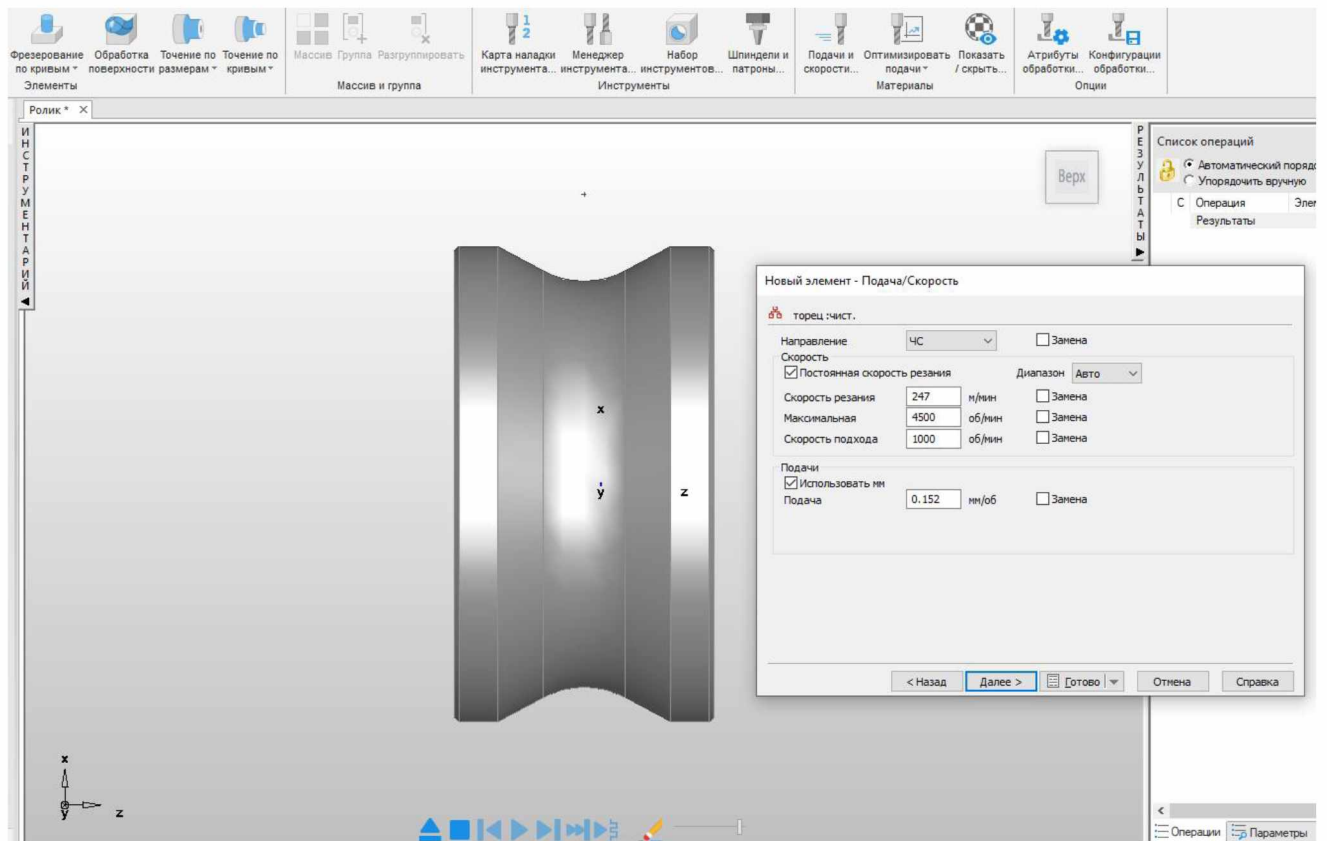


Рисунок 5.4 – Вибір режимів різання для обробки деталі «Ролик прокатний» у FeatureCAM

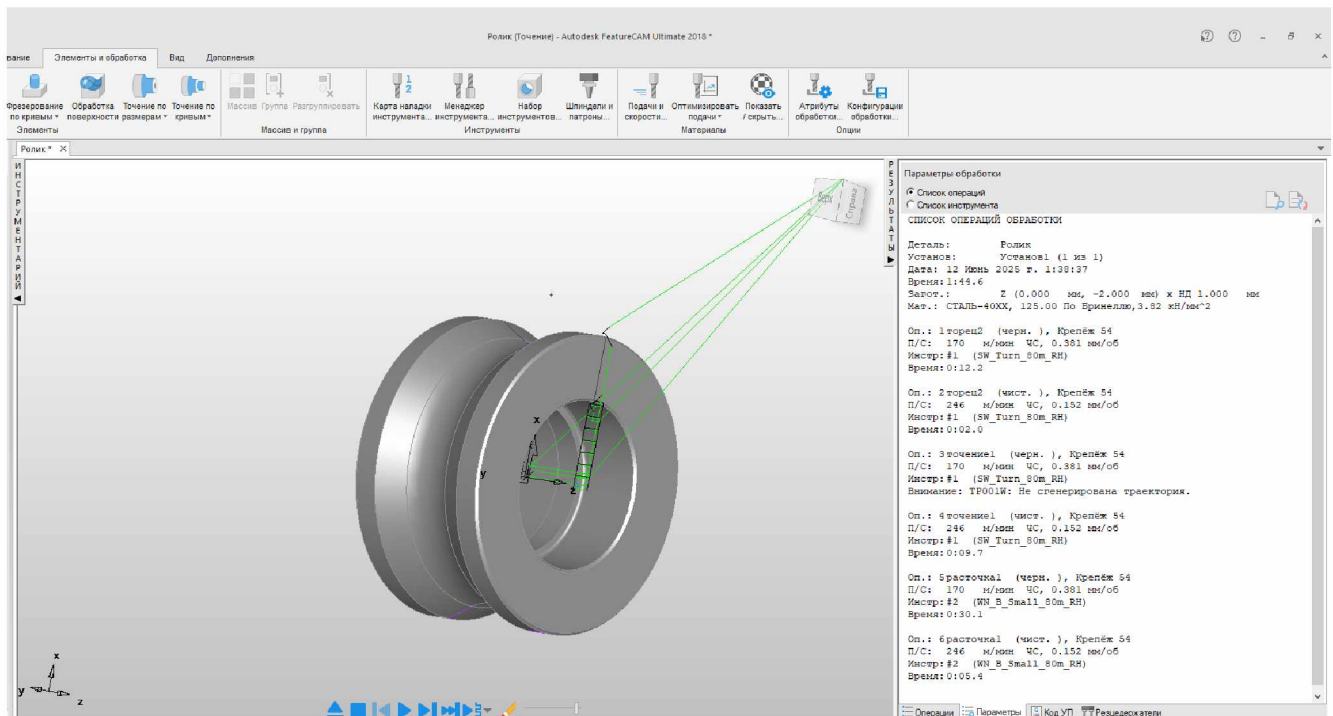


Рисунок 5.5 – Вікно параметрів обробки деталі «Ролик прокатний» у FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-19.05.МПОМО		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

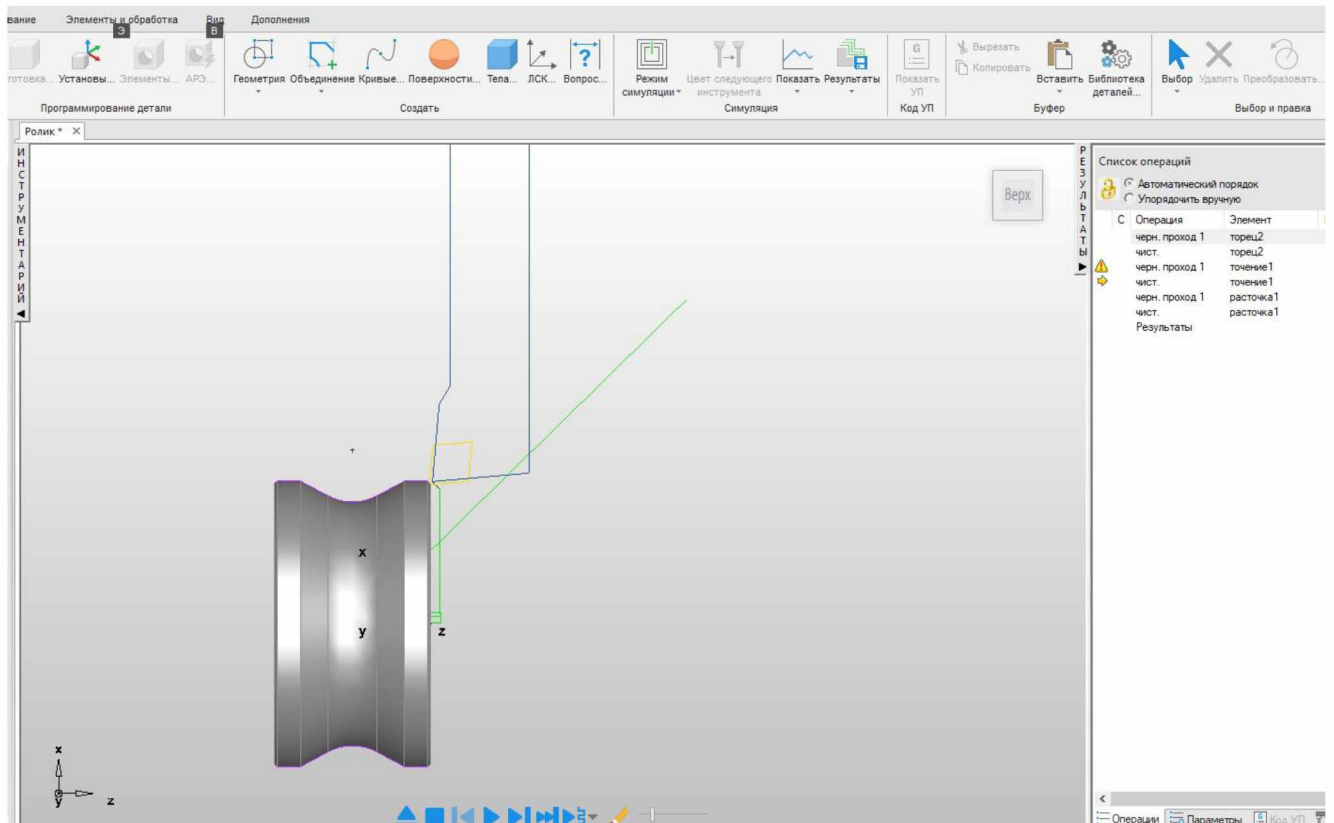


Рисунок 5.6 – Симуляция обработки детали «Ролик прокатный» – точіння

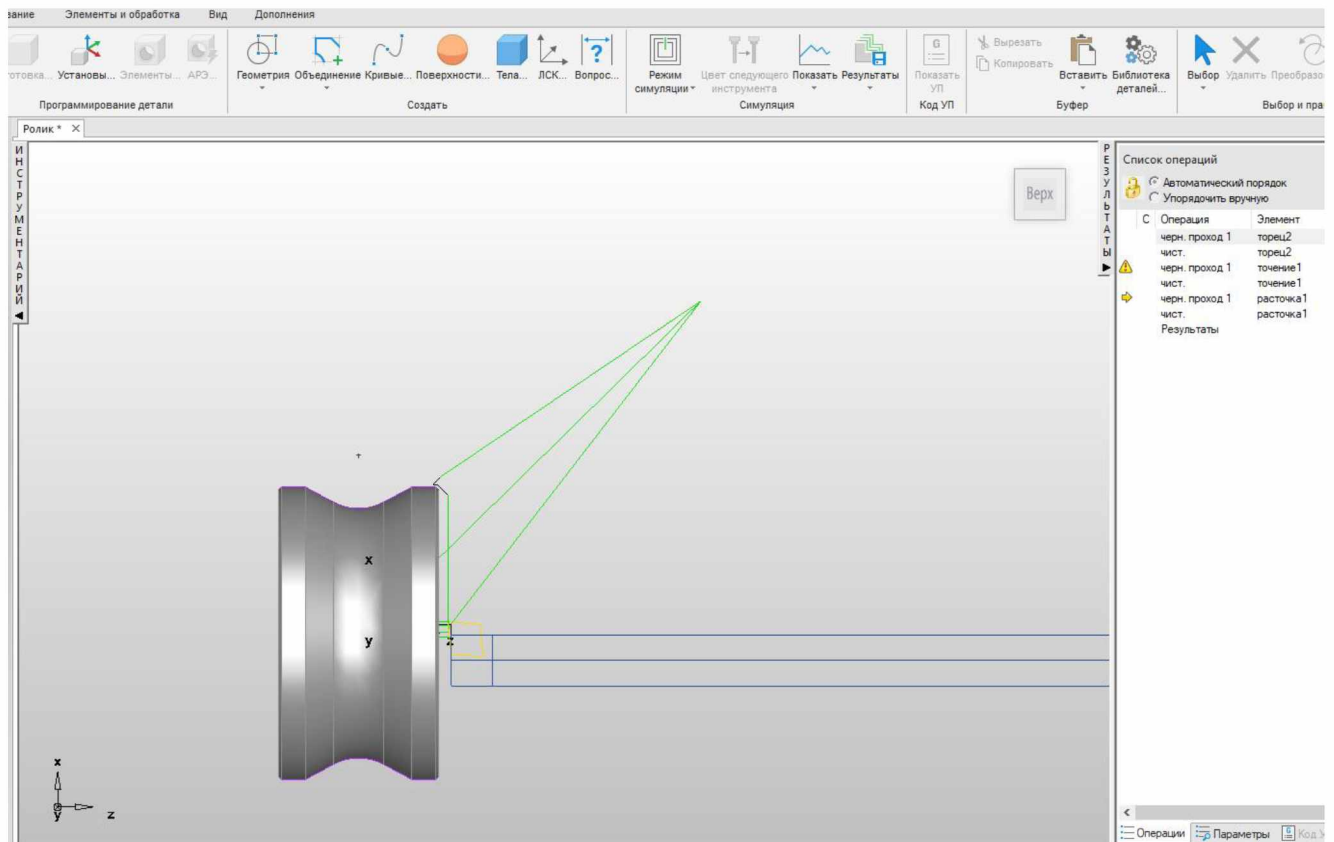


Рисунок 5.7 – Симуляция обработки детали «Ролик прокатный» – розточування

					КНУ.КБР.131.25.1-19.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

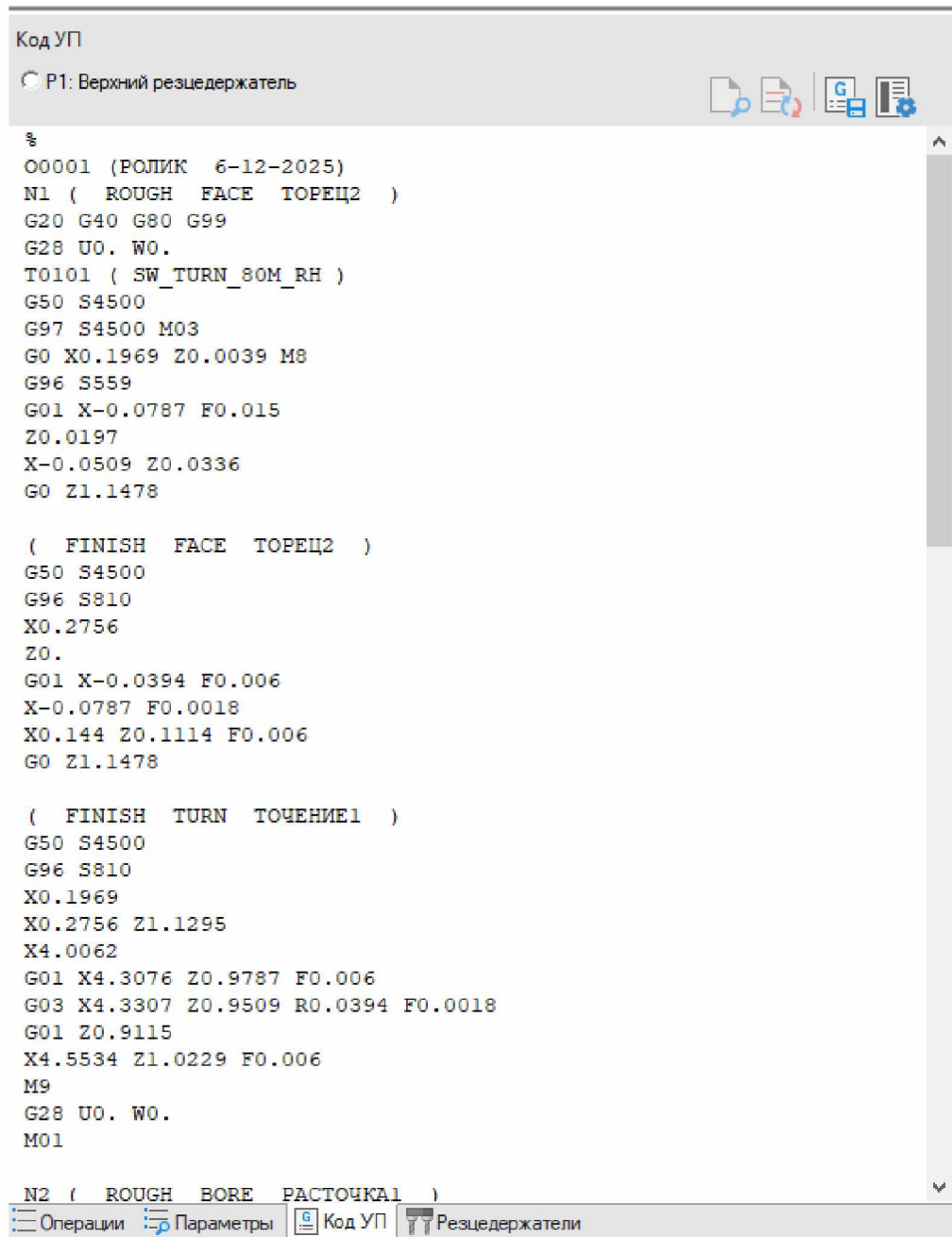


Рисунок 5.8 – Фрагмент отриманої КП по обробці деталі «Вісь»

					КНУ.КБР.131.25.1-19.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз і здійснено розрахунок собівартості виготовлення деталі «Ролик прокатний» за двома альтернативними варіантами обробки. Оцінено доцільність модернізації технологічного процесу шляхом заміни застарілого обладнання – токарних верстатів моделей 16К20, 1А64 та круглошліфувального верстата 3А130 – на сучасний горизонтально-токарний верстат з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі CHALLENGER 117HT.

Результати аналізу та розрахунки терміну окупності запропонованої модернізації подано у таблицях 6.1–6.4.

Зокрема таблиця 6.1 містить вихідні дані, необхідні для виконання економічних розрахунків.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16К20	1А64	3А130	CHALLENGER 117HT
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.	6	17	3	14
Час наладки верстата, хв.	16	16	8	20
Розряд: контролера верстатника наладчика наладчика інструменту	5			5
	4	3	3	2
	3	3	3	5
		4		4
Кількість кадрів програми, шт.				300
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	953			953
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	42500	50000	31000	70000

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Попов				Організаційно- економічна підготовка виробництва	Літ.	Арк.
Перевір.	Нечаєв						Арк.шіф
Реценз.							
Н. контр.	Нечаєв					Каф. ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.	Рязанцев						

Продовження таблиці 6.1

Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1,5	1	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_T	0,083	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.				8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.				2670
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
верстатника $H_{ст}$	120	130	120	160
наладчика $H_{нал}$	130	135	125	150
наладчика інструмента $H_{ін}$	110	120	115	150
контролера H_k	115			145
Верстати				
Клас точності верстата	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	3,035	11,4	3,8	12
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	2,8 x 3,2	5,825 x 2	3,12 x 2	6,7x 3
Габарити пристрою ЧПК, м				0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК				Fanuc 0iTF
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рц}$, років	7	7	7	10
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	11	10	10	44
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини R_m	18,6	27,7	15,6	26,86
електротехнічної частини R_e	13,4	14	9,2	18,8
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	1	2
Оптова ціна верстата Π , грн.	265000	295000	385000	1805000

Продовження таблиці 6.1

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,4	0,6	0,2	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	9,0	11,7	6,2	20,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.				0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини H_m	401	401	401	272
електротехнічної частини H_e	86	86	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	4	2,5	1,5	3
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	4055	3975	3975	3850
Виробничі та інші площі				
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{пл.зд.}$, грн	500			500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення $\Pi_{сл. поб.}$, грн	1000			1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого A_6 , м. кв.	7			7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху $H_{пл.}$, грн.	180	180	180	200

У таблиці 6.2 подано допоміжні показники, використані під час обчислень.

Таблиця 6.3 відображає результати визначення собівартості річного обсягу виробництва та розмір необхідних капіталовкладень.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Розрахунок допоміжних показників				
Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	16K20	1A64	3A130	CHALLENGER 117HT
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	400	75	1400
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,333333	5,333333	2,666667	6,66666667
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{нін}$, год	0	0,00	1,733333	20,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	33,2	6,225	116,2
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,22	0,04	0,38
(дійсна)	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0029	0,0014	0,0036
(дійсна)	1	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{нін}$, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,000932	0,01075
(дійсна)	1	0	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,00	0,06
(дійсна)	1			1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,19
(дійсна)	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	9			5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,25	0,18	0,098	0,38

У таблиці 6.4 узагальнено загальні витрати, розраховано річний економічний ефект і визначено строк окупності інвестицій.

Таблиця 6.3 – Результати розрахунків

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_z + I_n + I_{in} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_z – 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

C1 на деталь = 210,82

C2 на деталь = 195,20

I_z	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k	
$C_1 = 179655 + 2746,60 + 199,33 + 0,00 + 46106,7 + 0 + 8389,98 + 2720,38 + 63000 + 5056,4 + 0 + 8351,88 =$												316225,99
$C_2 = 186157 + 1572,48 + 234,00 + 890,00 + 26133,3 + 0 + 18941,67 + 3024,00 + 35000 + 3243,7 + 749,97 + 16849,00 =$												292795,56

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_б + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де $K_б$ – 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.

$K_б$	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
$K_1 = 172628 + 7557 + 63000 + 125642 + 123500 + 0 =$						492327
$K_2 = 357390 + 5468 + 28000 + 85098 + 70000 + 2670 =$						548625,98

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

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
390075	316226	0,15	492327
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
375089	292796	0,15	548626

Річний економічний ефект		
$E = Z_1 - Z_2$		
14986	390075	375089

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
2,40	548626	492327	316226 292795,6

Аналіз показав, що заміна двох технічно застарілих верстатів одним сучасним ЧПК-верстатом дозволяє суттєво зменшити тривалість обробки деталей.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Запропоноване технічне оновлення є економічно обґрунтованим: строк окупності складає 2,4 роки, а очікуваний річний економічний ефект – 14986 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці при роботі на прокатних станах

У сучасному промисловому середовищі екологічна безпека та охорона праці набувають дедалі більшого значення. Особливо це актуально для важкої промисловості, зокрема металургії, де техногенне навантаження на навколишнє середовище є одним з найвищих серед усіх галузей економіки. Прокатні стани – це складні технологічні комплекси, які призначені для обробки металу шляхом його прокатування, і вони відіграють ключову роль у забезпеченні виробництва металевих заготовок і готової продукції.

Разом із високою продуктивністю прокатні стани створюють серйозні виклики для охорони праці та екології. Підвищені температури, великі швидкості обертання валків, високий рівень шуму, викиди пилу й газів – усе це ставить під загрозу здоров'я працівників і якість навколишнього середовища. Тому актуальність теми полягає у необхідності впровадження ефективних систем екологічного моніторингу, очищення викидів, модернізації обладнання та вдосконалення заходів безпеки на всіх етапах технологічного процесу.

Метою даного дослідження є аналіз впливу прокатного виробництва на довкілля, оцінка умов праці персоналу та обґрунтування ефективних засобів екологічного контролю і техніки безпеки.

6.2.1 Екологічні наслідки діяльності прокатних станів

Прокатне виробництво спричиняє низку екологічних проблем. Серед основних негативних чинників виділяють:

Атмосферне забруднення: У процесі нагрівання заготовок та мастильно-охолоджувального оброблення в повітря потрапляють оксиди вуглецю (CO), оксиди азоту (NO_x), двоокис сірки (SO₂) та аерозольні частинки. Згідно з даними промислового моніторингу в Україні, на 2023 рік на частку металургійних підприємств припадало понад 25% усіх промислових викидів в атмосферу.

Водне забруднення: Виробничі стоки містять нафтопродукти, суспензії металів, кислоти. Без очищення вони можуть порушити гідробаланс прилеглих водойм, що веде до зниження біорізноманіття.

Шум і вібрація: Робота потужних двигунів, редукторів, прокатних клітей створює шумові навантаження, які перевищують допустимі 85 дБ, що може викликати втрату слуху у працівників та стресовий вплив на мешканців прилеглих територій.

Теплове забруднення: Висока температура прокатного обладнання впливає на мікроклімат у цеху, погіршуючи умови праці та сприяючи зростанню енерговитрат на охолодження.

6.2.2 Шляхи зменшення екологічного впливу

Аналітика показує, що впровадження сучасних технологій дозволяє знизити екологічне навантаження на 30–50%. Основні шляхи:

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Модернізація обладнання (встановлення електроприводів з частотним регулюванням, заміна газових нагрівників на індукційні).

Закриті водяні цикли – забезпечують багаторазове використання води без скидання її у довкілля.

Фільтраційно-вентиляційні системи – очищають повітря від пилу, олії та металевих аерозолів.

Екологічний моніторинг – постійне вимірювання викидів та вживання коригувальних заходів у режимі реального часу.

6.2.3 Охорона праці на прокатному виробництві

Прокатний цех є зоною підвищеної небезпеки. Основні ризики для працівників:

Опіки та травми при контакті з розігрітим металом.

Механічні травми від обертальних механізмів.

Шкідливі речовини (пари мастил, дим, пил), які спричиняють алергії та хронічні захворювання.

Відповідно до нормативів ДСТУ та Закону України «Про охорону праці», кожен працівник має бути забезпечений ІЗЗ, проходити медичні огляди та інструктажі.

Аналітика ефективності заходів охорони праці:

За даними Держпраці, на підприємствах, де впроваджено автоматизовані системи контролю стану обладнання, рівень травматизму знижується в середньому на 40%.

На комбінатах, де реалізовано програми енергоменеджменту та аудиту безпеки, відзначено на 20–30% менше порушень правил безпеки.

6.2.4 Роль держави та підприємств у покращенні ситуації

Держава через екологічне та трудове законодавство задає рамки для діяльності підприємств, однак велике значення має також ініціатива самих компаній. Деякі металургійні гіганти, наприклад, у Запоріжжі та Кривому Розі, вже інвестували сотні мільйонів гривень у реконструкцію очисного обладнання, систем аспірації та створення безпечного середовища праці.

Прокатне виробництво є джерелом значного техногенного навантаження на навколишнє середовище та створює серйозні загрози для здоров'я працівників. Аналіз свідчить, що без ефективного екологічного контролю та дотримання стандартів охорони праці неможливо забезпечити сталий розвиток підприємств.

Основними напрямками покращення ситуації є:

- впровадження інноваційних технологій очищення повітря і води;
- автоматизація небезпечних процесів;
- розвиток культури безпеки на підприємствах;
- посилення контролю з боку державних органів.

Тільки завдяки системному підходу, де екологія, техніка безпеки та економічна ефективність розглядаються як єдиний комплекс, можливо досягти екологічно стійкого і безпечного прокатного виробництва.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У процесі виконання КБР на тему «Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Ролик прокатний» та обґрунтування параметрів різального інструменту з використанням САПР технологій» були досягнуті поставлені цілі, а саме – забезпечено комплексний підхід до розробки технічної документації, вибору технологічного маршруту та оснащення сучасного виробництва відповідно до вимог точності, якості та економічної доцільності.

У першому розділі було виконано детальний аналіз вихідних даних і обґрунтовано призначення деталі «Ролик прокатний» як елемента, що забезпечує направлення та підтримку у прокатному стані. Проведено розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником, що є критично важливим для забезпечення надійної експлуатації вузла.

Другий розділ присвячено аналізу службового призначення деталі та якості її поверхонь. Розроблено технологічний процес механічної обробки з урахуванням сучасних вимог до точності та шорсткості, а також обґрунтовано вибір високоточного горизонтально-токарного верстата з ЧПК моделі CHALLENGER 117HT, що дозволяє значно підвищити продуктивність та стабільність виготовлення.

У третьому розділі здійснено вибір ріжучих інструментів (фірми Seco) та визначено їх параметри. Розраховано міцність конструктивних елементів інструменту з урахуванням режимів різання. Обрано типорозміри допоміжного оснащення, необхідного для надійного кріплення заготовки та інструментів.

Четвертий розділ зосереджено на розробці спеціального ріжучого інструменту –протяжки. Виконано її інженерний аналіз у середовищі SolidWorks Simulation, що дозволило виявити напружено-деформований стан елементів конструкції та підтвердити її працездатність в умовах реального навантаження.

У п'ятому розділі проведено комп'ютерне моделювання технологічних операцій для деталі «Ролик прокатний» у Autodesk FeatureCAM. Сформовано повний маршрут токарної обробки на верстаті CHALLENGER 117HT, з урахуванням оптимальних режимів обробки та контролю якості на кожному етапі.

У шостому розділі виконано техніко-економічні розрахунки, які підтвердили доцільність впровадження запропонованої технології. Строк окупності капіталовкладень становить 2,4 роки, а економічний ефект – 14 986 грн. Також розглянуто заходи з охорони праці та впливу виробничих процесів на довкілля – впровадження сучасного обладнання дозволяє знизити рівень шкідливих викидів та забезпечити безпечні умови праці на прокатних станах.

Таким чином, у роботі повністю реалізовано конструкторсько-технологічну підготовку виготовлення деталі «Ролик прокатний» із використанням сучасних САПР-технологій. Запропоновані рішення сприяють підвищенню ефективності виробництва, зниженню витрат та забезпеченню високих стандартів якості.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-19.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Висновки</i>		
<i>Розроб.</i>	<i>Попов</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-21</i>		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електроний каталог «Seco» Turning 2019.
2. Електроний каталог «Seco» Tooling 2019.
3. 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.
4. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
5. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
6. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
7. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
8. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
9. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
10. ДСТУ ISO 2768-1-2001. Основні допуски. Частина 1. Допуски на лінійні та кутові розміри без спеціального позначення допусків (ISO 2768–1:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2002. – 10 с.
11. ДСТУ ISO 2768-2-2001. Основні допуски. Частина 2. Допуски геометричні для елементів без спеціального позначення допусків (ISO 2768–2:1989, IDT). [Чинний від 2003-01-01] – К. :Держстандарт України, 2001. – 15 с.
12. ДСТУ ISO 286-1-2002. Допуски і посадки за системою ISO. Частина 1. Основи допусків, відхилень та посадок (ISO 286–1:1988, IDT). [Чинний від 2003-10-01] – К. :Держспоживстандарт України, 2003. – 37 с.
13. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-19.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.		<i>Попов</i>					
Перевір.		<i>Нечаєв</i>					
Реценз.							
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>					
Зав. каф.		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</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: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Ролик прокатний» та обґрунтування параметрів різального
інструменту з використанням САПР технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Євгеній ПОПОВ

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

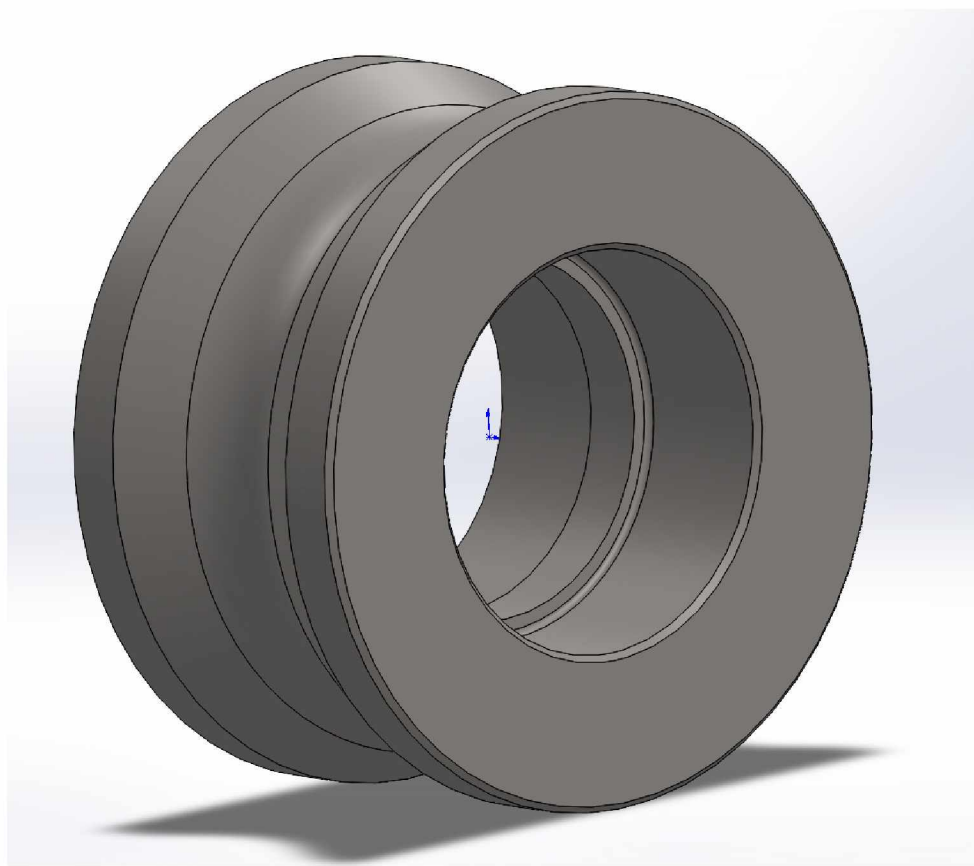
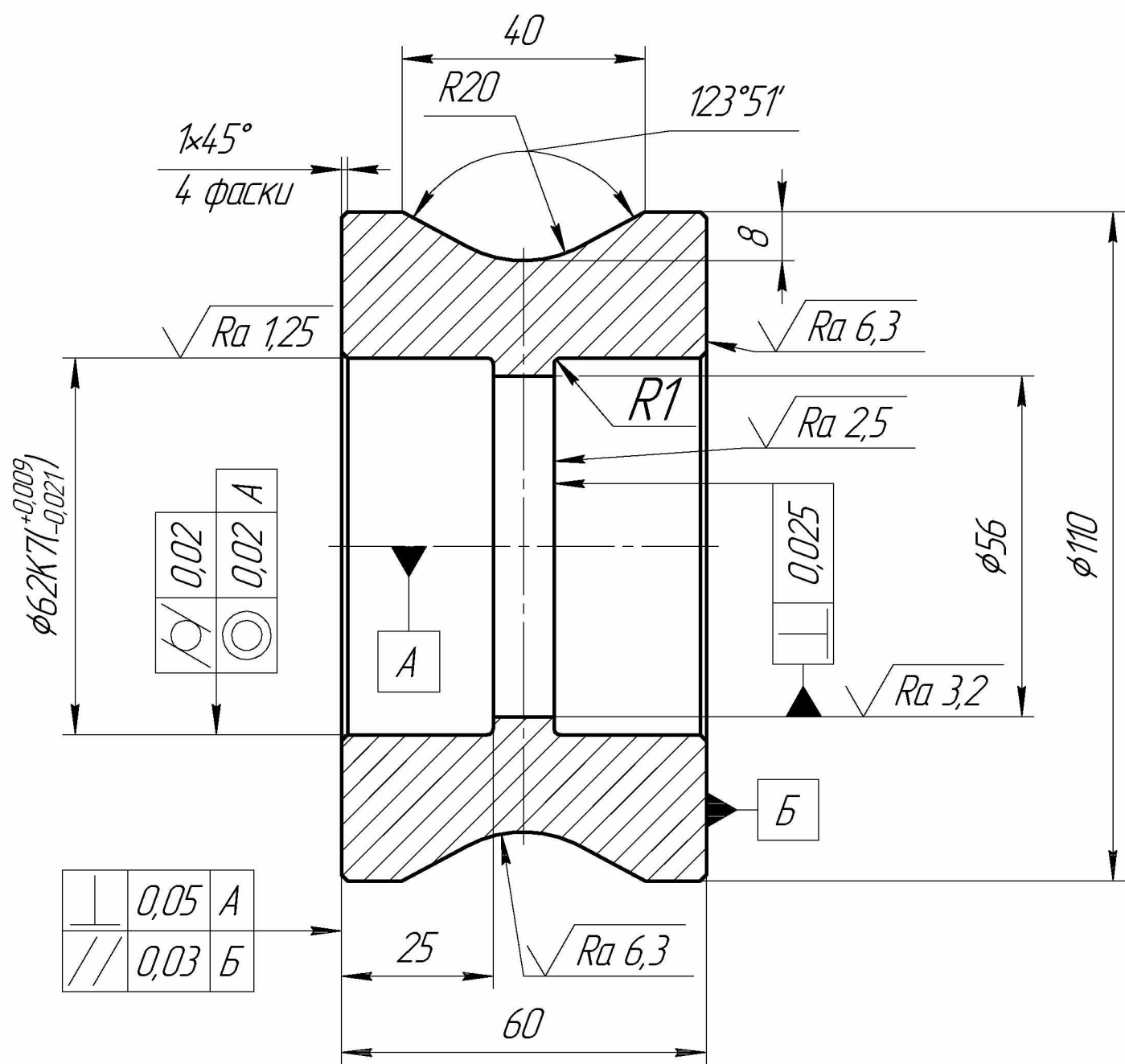
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

√ Ra 12,5 (√)

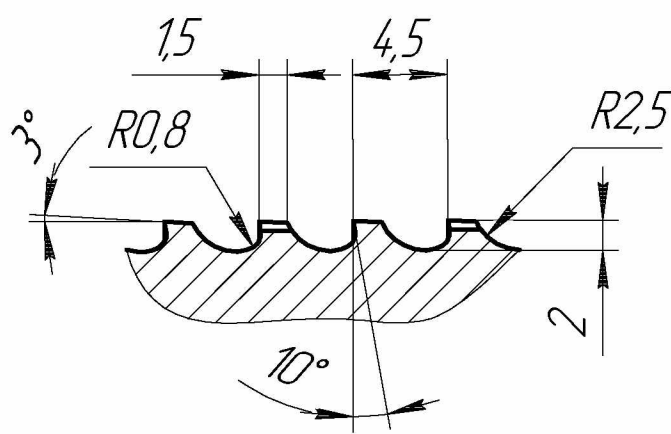
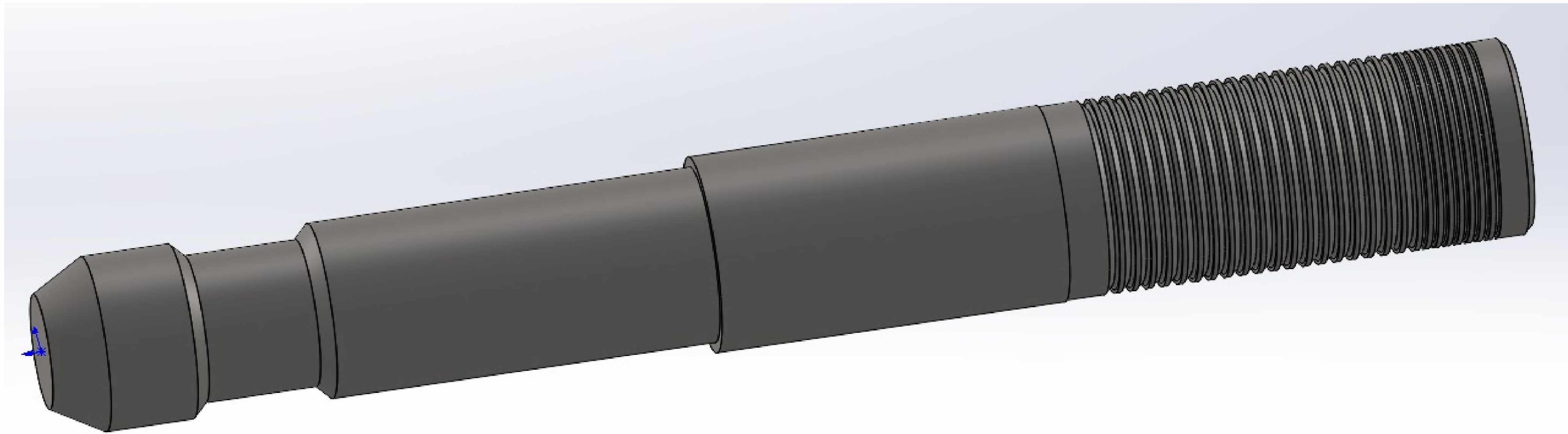
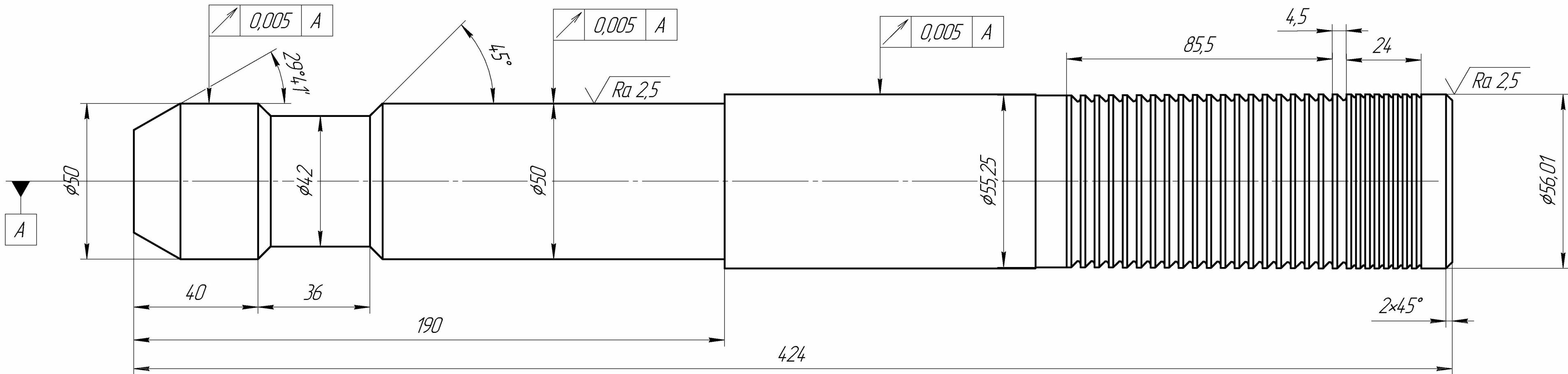
КНУ.КБР.131.25.1-19.РП



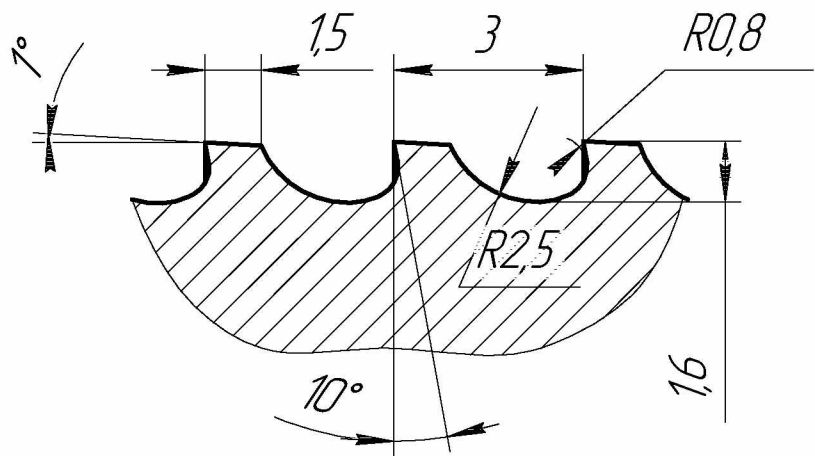
1 Невказані граничні відхилення розмірів: H14; h14; $\pm \frac{IT14}{2}$.
2 Твердість поверхні HRC 42...48.

					КНУ.КБР.131.25.1-19.РП				
					Ролік прокатний	Лит.		Маса	Масштаб
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			Н	2,6	1:1
Розробив	Попов					Лист		Листів 1	
Керівник	Нечаєв								
					Н.контр.	Нечаєв		Каф. ТМ гр. ПМ-21	
					Затв.	Рязанцев			
					Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015				

Допуск	-0,01												0,005							
Діаметр зуба	55,25	55,29	55,33	55,37	55,41	55,45	55,49	55,53	55,57	55,61	55,65	55,69	55,73	55,77	55,81	55,85	55,89	55,93	55,97	56,01
Номер зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20



Профіль чорнових зубів
з 1-20 по 12 включно

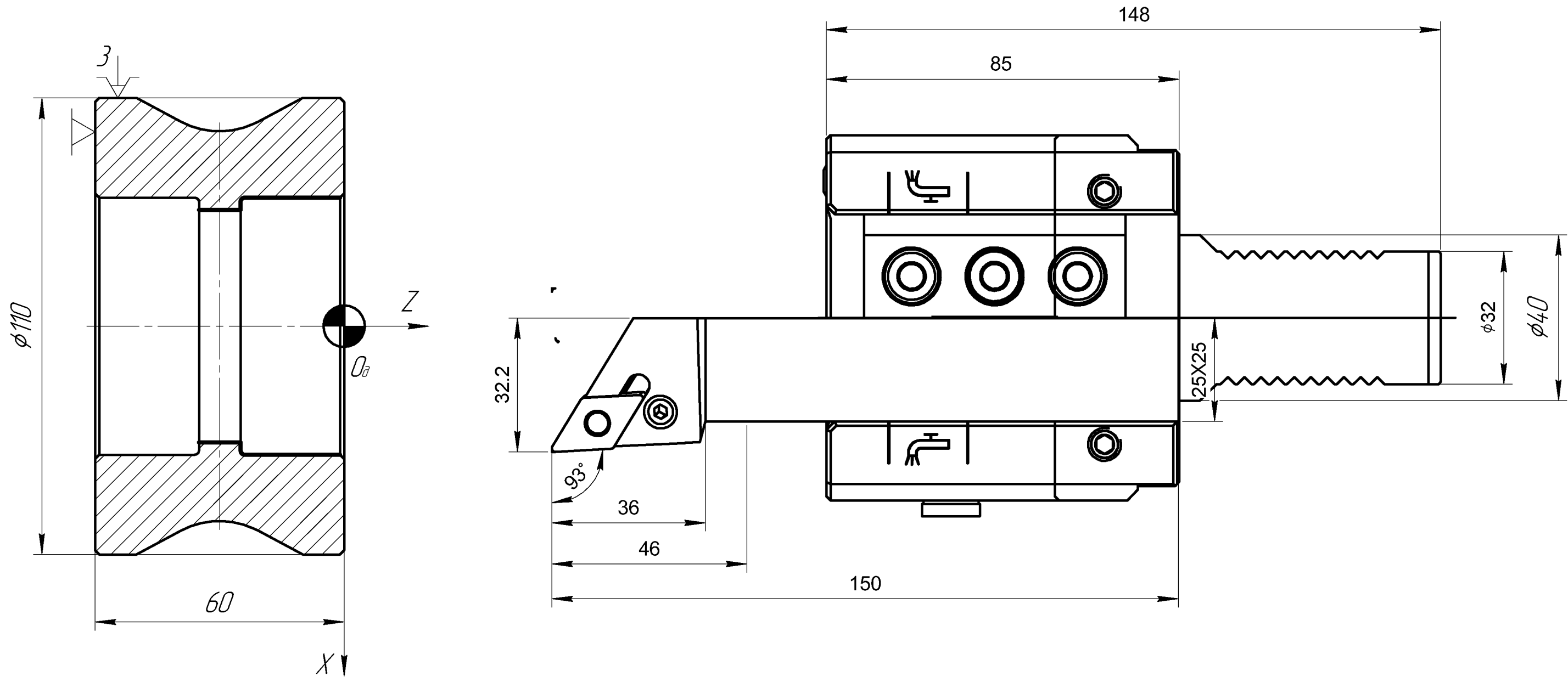


Профіль Калібруючих зубів
з 13-20 по 20 включно

- 1 Хвостовик виготовлено зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015.
- 2 Матеріал ріжучої частини: Р6М5 ДСТУ 7304:2018.
- 3 Центрові отвори виконані по формі В, DIN 332.
- 4 Невказані граничні відхилення: H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

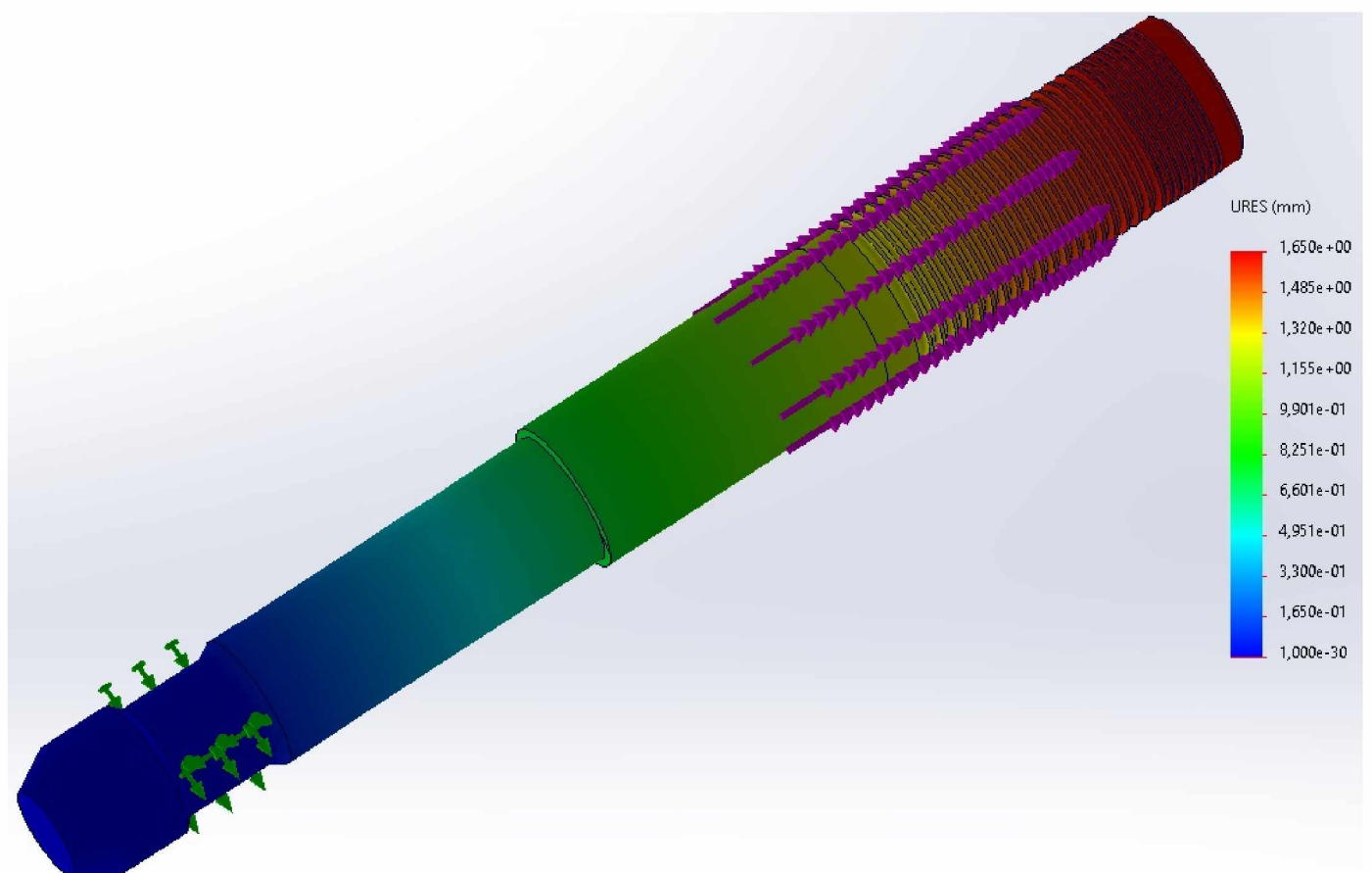
КНУКБР.131.25.1-19.17				Протяжка		
Зм. / Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лист	Маса	Масштаб
Розробив	Попов			Н		1:1
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв			Див. тех. вимоги		
Затв.	Рязанцев			Каф. ТМ гр. ПМ-21		

Операція 015 Токарна чистова з ЧПК

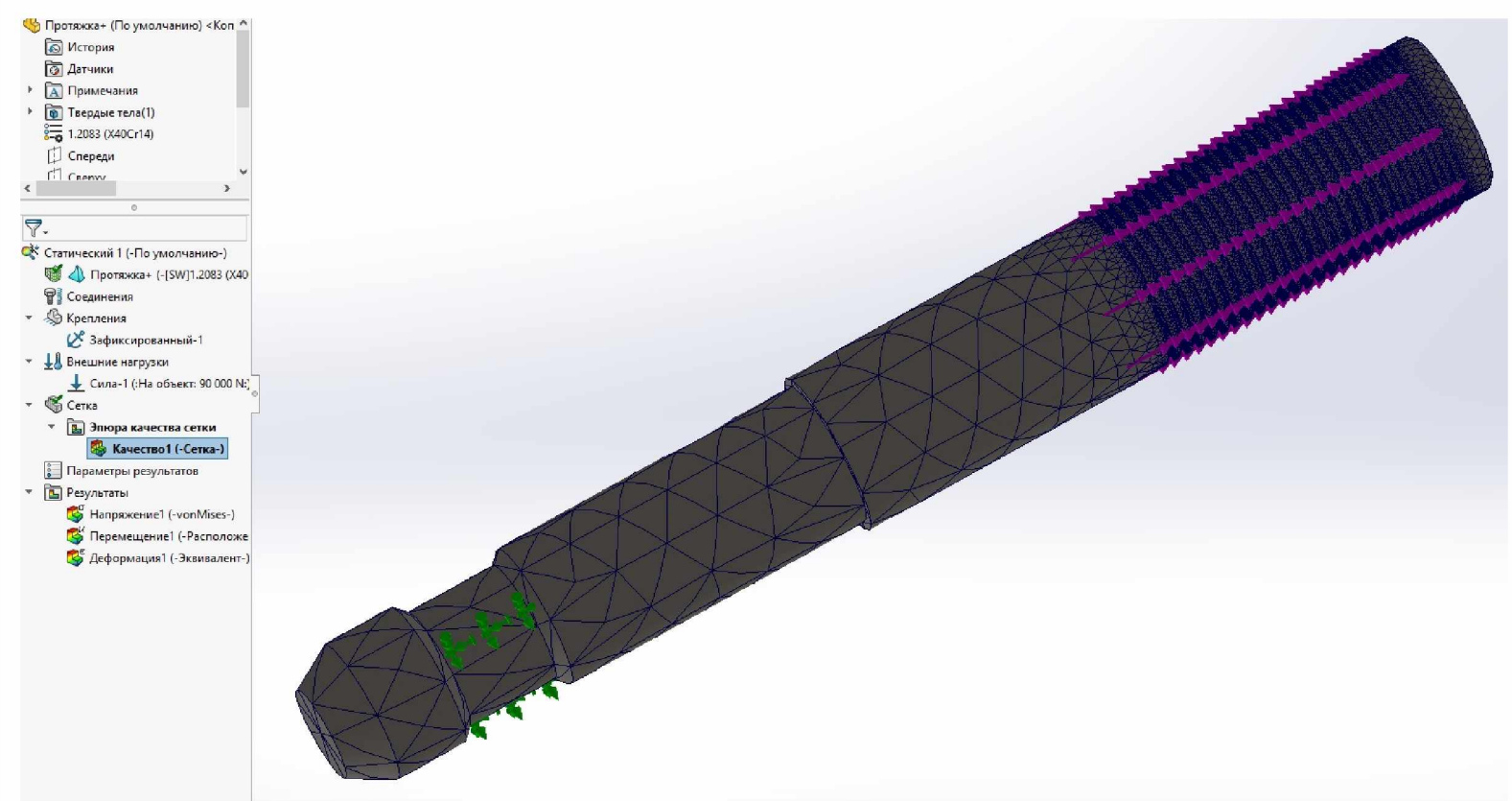


КНУ.КБР.131.25.1-19.ВІН					Верстатно-інструментальне алагодження		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Разробив	Попов				Н		1:1
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Каф. ТМ гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев						

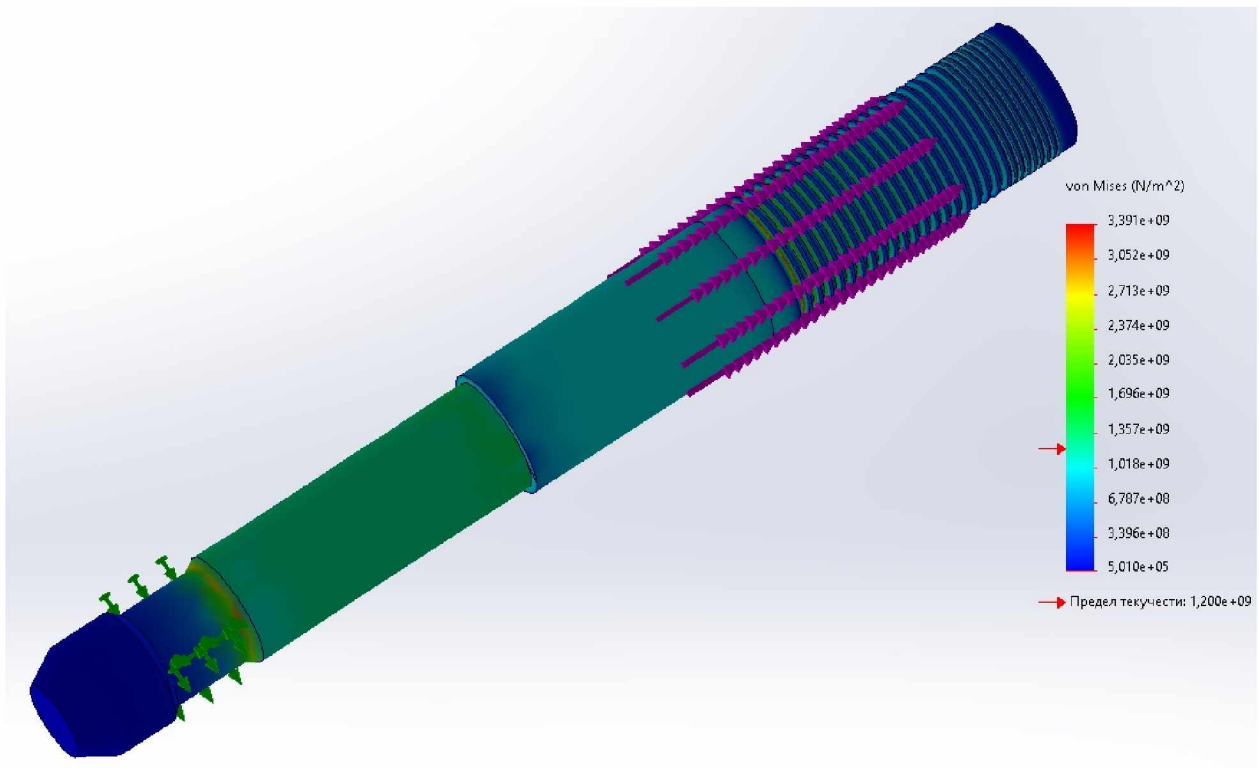
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



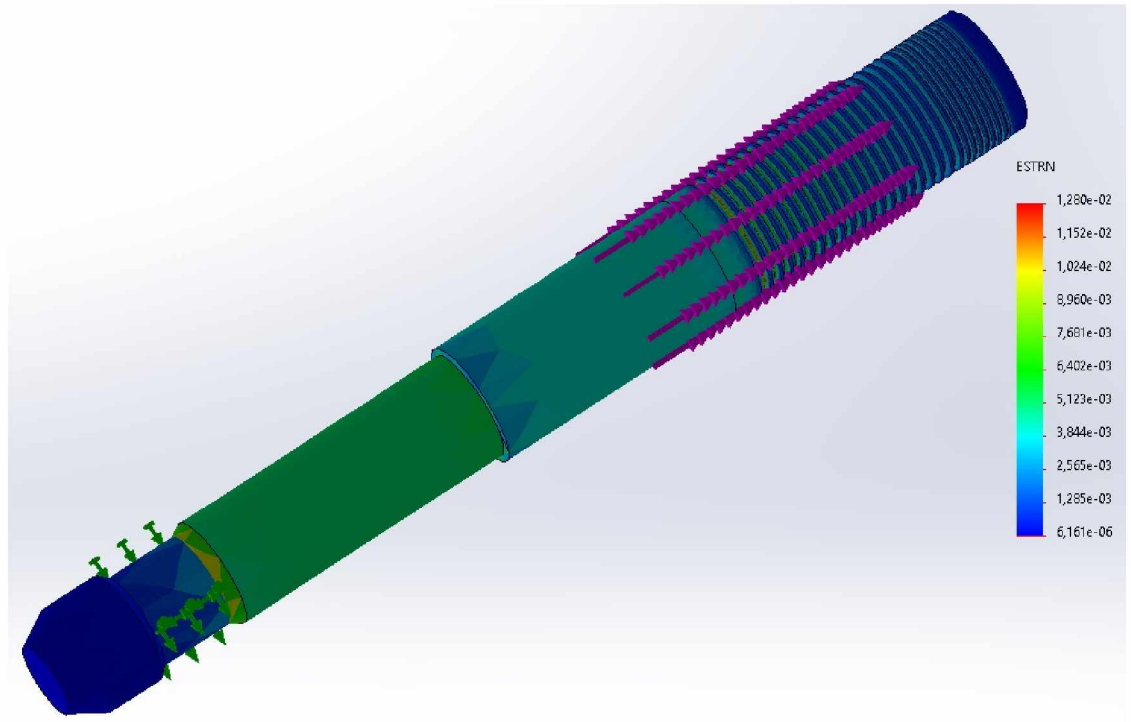
Сітка кінцевих елементів



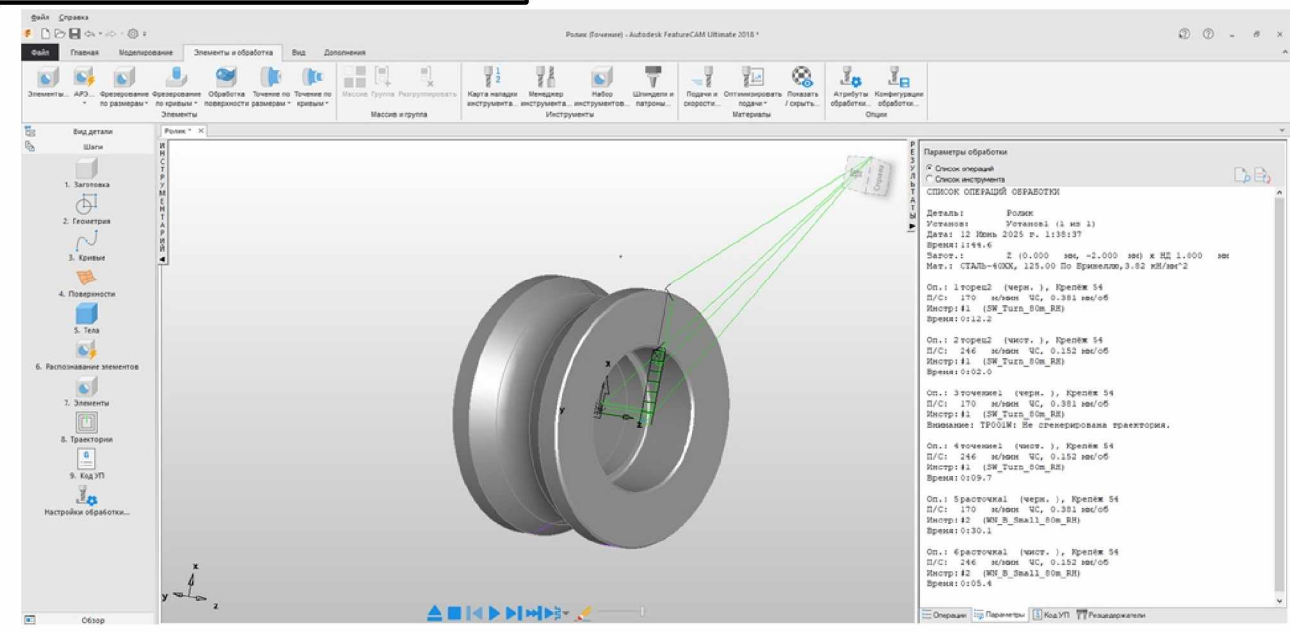
Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



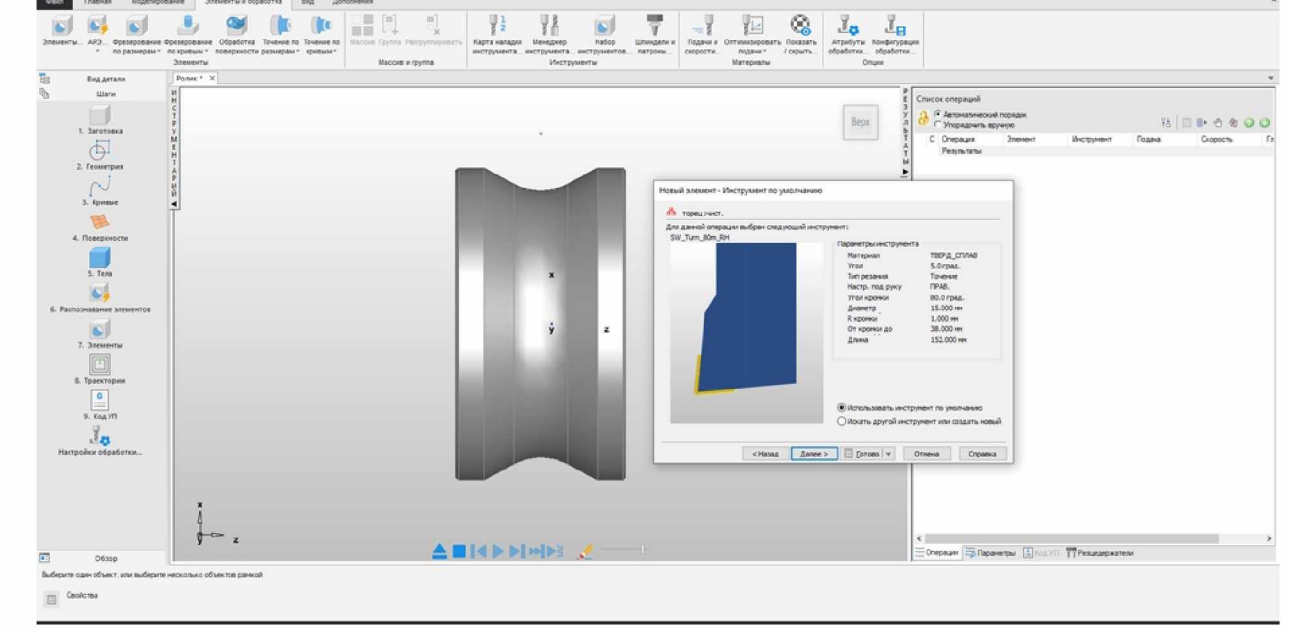
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



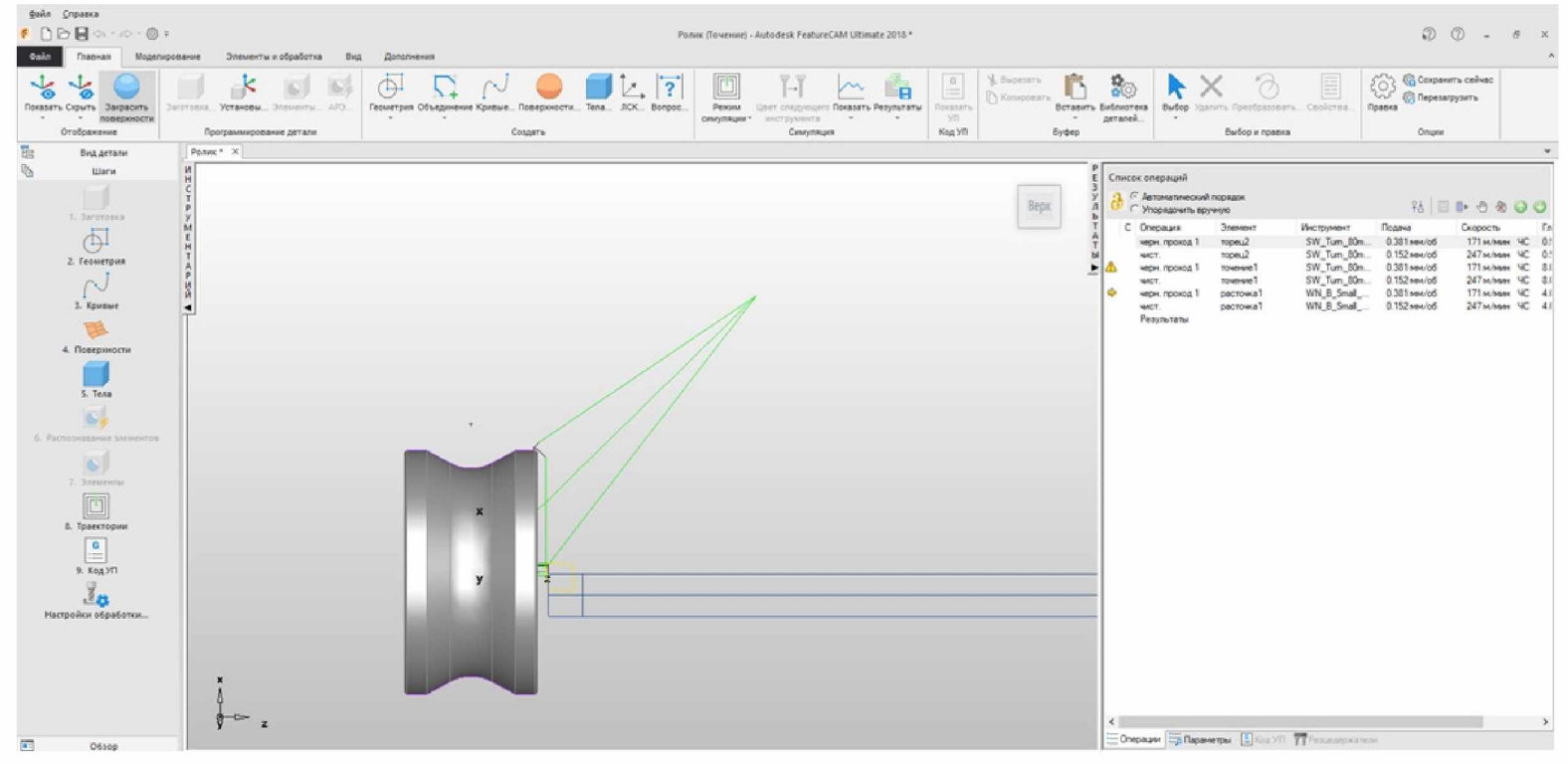
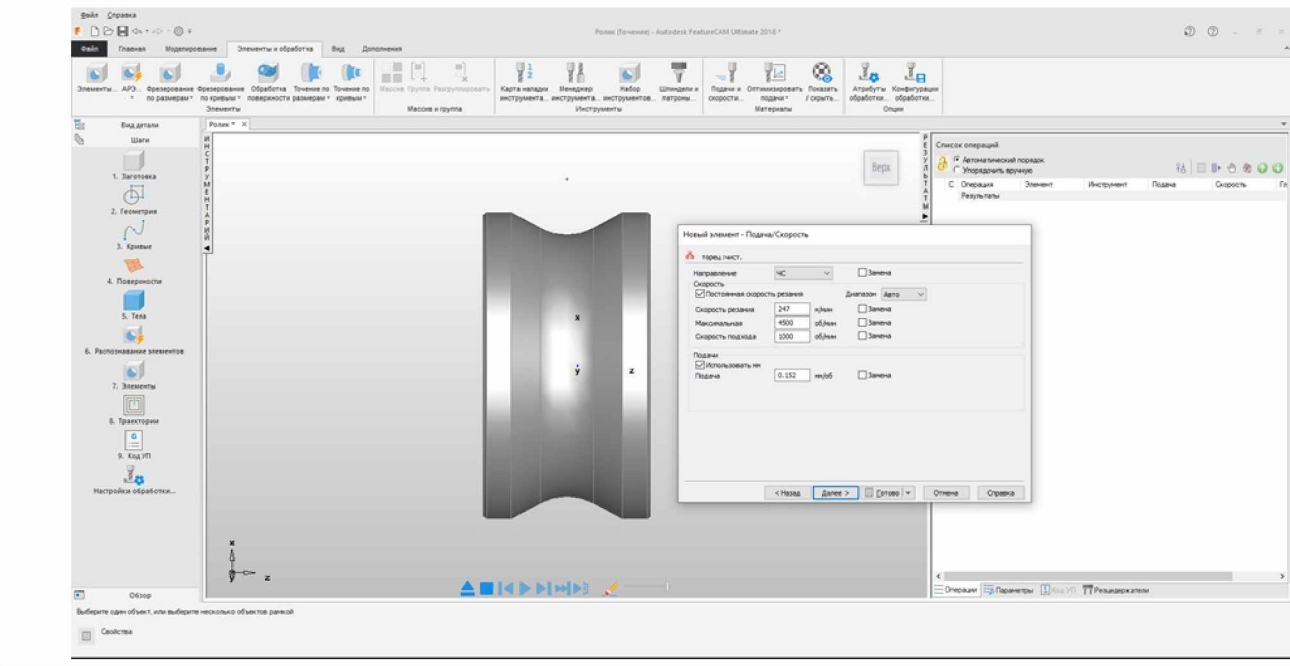
КНУ.КБР.131.25.1-19.ІАСРІ					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб	
Розробив	Попов			Н			
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Нечаєв			Кафедра ТМ			
Затв.	Рязанцев			гр. ПМ-21			



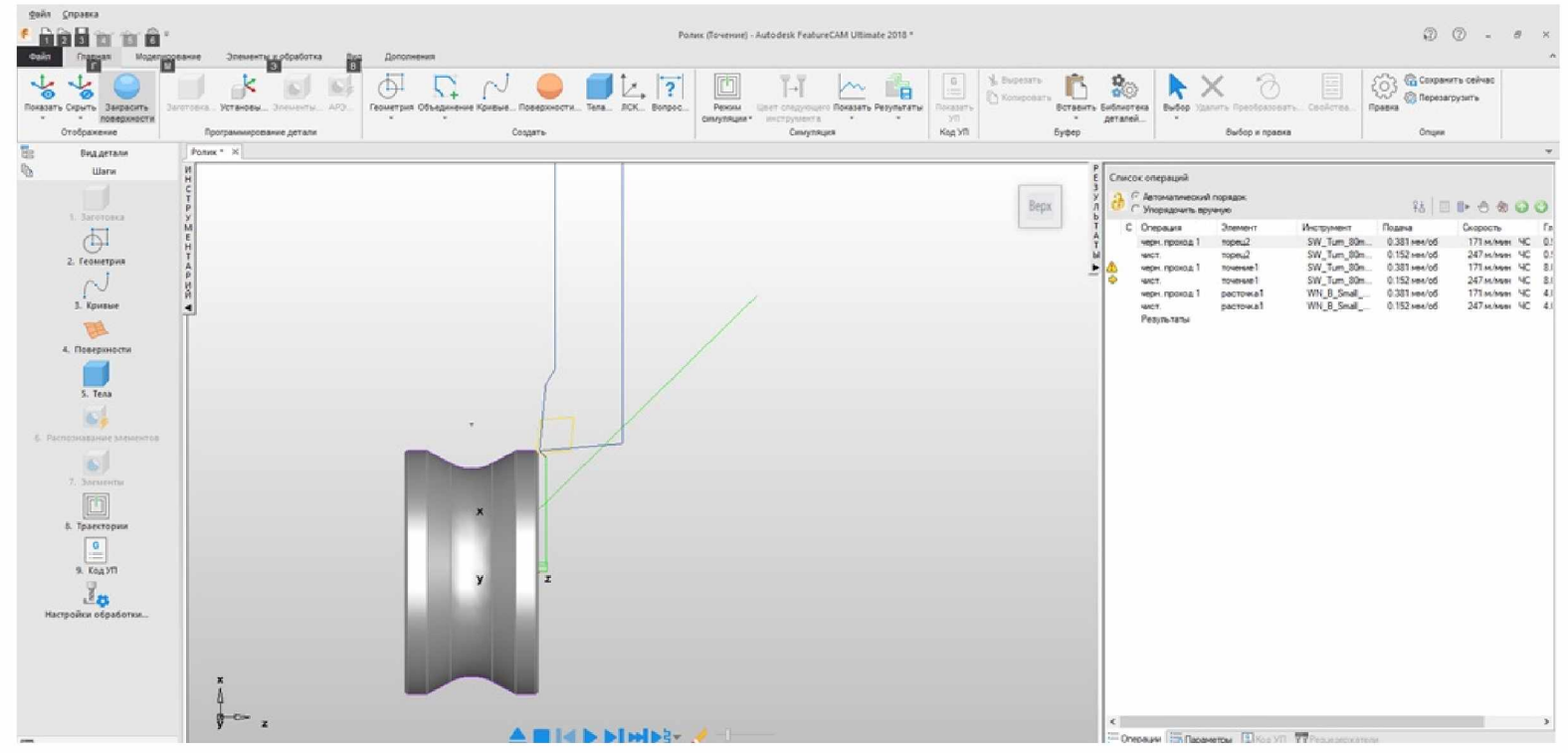
Етап вибору різального інструменту в меню програми



Вибір режимів різання



Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



				КНУ.КБР.131.25.1-19.МПМО		
				Моделювання процесу механічної обробки		
				Лит	Маса	Масштаб
				Н		
				Лист	Листів	1
				Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Зм. Лист	№ док.ум.	Підпис	Дата			
Разработ	Попов					
Керівник	Нечаев					
Н.контр.	Нечаев					
Затв.	Рязанцев					