

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 «Кільце» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав: здобувач групи ПМ-21
Михайленко А.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: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь
деталі «Кільце» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Андрій МИХАЙЛЕНКО

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 Михайленко Андрій Володимирович

1. Тема: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Кільце» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

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 ріжучих 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. Кільце. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Протяжка. 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

/ Нечаєв В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/ Михайленко А.В./

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
						Документація				
		A4		1	КНУ.КБР.131.25.1-15.ПЗ	Пояснювальна записка	51			
						Креслення				
		A3		2	КНУ.КБР.131.25.1-15.К	Кільце	1			
		A2		3	КНУ.КБР.131.25.1-15.П	Протяжка	1			
		A3		4	КНУ.КБР.131.25.1-15.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1			
		A3		5	КНУ.КБР.131.25.1-15.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1			
		A3		6	КНУ.КБР.131.25.1-15.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1			
Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	КНУ.КБР.131.25.1-15.ВМКБР						
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разраб.	Михайленко			Відомість матеріалів КБР			Лит.	Лист	Листов
	Пров.	Нечаєв						Н		1
	Н.контр.	Нечаєв						Каф. ТМ гр. ПМ-21		
	Утв.	Рязанцев								

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 51 стор., 39 рисунків, 9 таблиць, 5 листів графічної частини.

Тема даної кваліфікаційної роботи – розробка спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі типу «Кільце» та виконання його інженерного аналізу із застосуванням сучасних комп'ютерних систем інженерного моделювання (CAE-систем). У межах дослідження розглядаються питання вибору конструкції інструмента, особливостей технологічного процесу обробки, а також оцінки його працездатності та ефективності на основі віртуального моделювання та аналізу навантажень.

Метою роботи є розробка конструкції спеціального ріжучого інструменту для обробки поверхонь деталі «Кільце» та проведення його інженерного аналізу з використанням CAE-систем для оцінки ефективності та надійності в умовах експлуатації.

Об'єктом дослідження є процес обробки деталей типу «Кільце» в умовах серійного або дрібносерійного виробництва.

Предметом дослідження є конструкція спеціального ріжучого інструменту для обробки поверхонь зазначеної деталі та його поведінка під дією експлуатаційних навантажень, змодельована за допомогою CAE-систем.

У сучасних умовах машинобудування підвищуються вимоги до точності, якості поверхні та продуктивності обробки деталей. Особливо це стосується деталей з ускладненою геометрією, зокрема деталей типу «Кільце», які широко застосовуються в різних галузях техніки – від автомобільної до авіаційної промисловості. Стандартні ріжучі інструменти не завжди забезпечують необхідну якість обробки та економічну доцільність виробництва таких деталей. У зв'язку з цим зростає потреба у спеціальних ріжучих інструментах, адаптованих до конкретних умов різання.

Застосування CAE-систем у процесі проектування інструменту дозволяє ще на етапі розробки передбачити його поведінку під робочими навантаженнями, оптимізувати конструкцію та скоротити витрати на прототипування. Таким чином, тема роботи є актуальною як з точки зору підвищення техніко-економічних показників виробництва, так і в контексті впровадження сучасних цифрових технологій у процес проектування.

КІЛЬЦЕ, ТРУБЧАСТА ЦЕНТРИФУГА, ПРОТЯЖКА, КЕРУЮЧА ПРОГРАМА, CAE-СИСТЕМИ.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-15.P</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докum.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Михайленко</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>Аркцшів</i>	
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 51 pages, 39 figures, 9 tables, 5 sheets of the graphic part.

The topic of this thesis is the development of a special cutting tool for machining the surfaces of a "Ring"-type part and the performance of its engineering analysis using modern computer-aided engineering (CAE) systems. The study covers the selection of the tool design, specific features of the machining process, as well as the assessment of the tool's performance and efficiency based on virtual modelling and load analysis.

The objective of this work is to design a special cutting tool for machining the surfaces of a "Ring"-type part and to conduct its engineering analysis using CAE systems to evaluate its efficiency and reliability under operational conditions.

The object of the research is the machining process of "Ring"-type components in conditions of serial or small-batch production.

The subject of the research is the design of the special cutting tool for machining the specified part's surfaces and its behaviour under operational loads, as simulated using CAE systems.

In modern mechanical engineering, the requirements for accuracy, surface quality, and machining productivity are constantly increasing. This is especially true for components with complex geometries, including "Ring"-type parts, which are widely used across various technical fields—from the automotive industry to aerospace engineering. Standard cutting tools do not always ensure the required surface quality or economic feasibility of manufacturing such parts. Consequently, there is an increasing need for special cutting tools tailored to specific cutting conditions.

The use of CAE systems in the tool design process makes it possible to predict tool behaviour under working loads already at the development stage, to optimise the design, and to reduce the costs associated with prototyping. Thus, the topic of this thesis is relevant both from the perspective of improving the technical and economic indicators of production and in the context of implementing modern digital technologies in the design process.

RING, TUBULAR CENTRIFUGE, BROACH, CONTROL PROGRAMME, CAE SYSTEMS.

					КНУ.КБР.131.25.1-15.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 Вибір посадки для з'єднань з зазором	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	13
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	13
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	20
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	20
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	21
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	27
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	27
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	31
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	31
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	34
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	38
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	38
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	39
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	43
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	43
6.2 Екологія виробництва та охорона праці на машинобудівному підприємстві м. Кривий Ріг	48
Висновки	50
Список використаних джерел	51

					КНУ.КБР.131.25.1-15.3			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст	Літ.	Арк.	Архцив
Розроб.		Михайленко						
Перевір.		Нечасів						
Реценз.								
Н. контр.		Нечасів						
Зав. каф.		Рязанцев						
						Каф. ТМ, гр. ПМ-21		

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.131.25.1-15.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Вступ</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Михайленко</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-21</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Бакалаврська кваліфікаційна робота базується на кресленнях деталі «Вал-шестерня» та відповідного вузла. На рисунку 1.1 представлено її тривимірну модель.

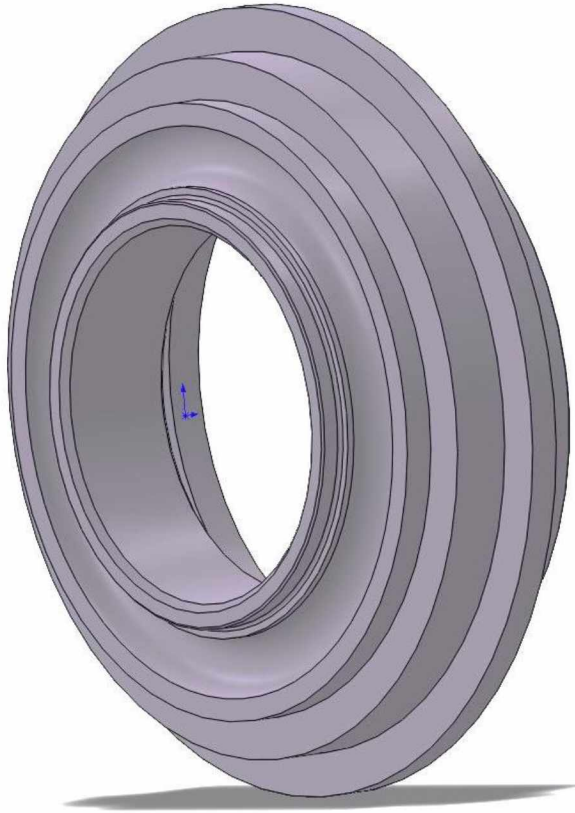


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Кільце»

В рамках дослідження було розроблено технічне завдання з метою оптимізації технологічного процесу виготовлення кільця трубчастої центрифуги та здійснено підбір найбільш ефективного інструменту для обробки.

Поставлена мета даної КБР досягається вирішенням наступних завдань:

- провести аналіз конструктивних особливостей деталі типу «Кільце» та вимог до її обробки;
- обґрунтувати доцільність застосування спеціального ріжучого інструменту;
- розробити конструкцію інструменту з урахуванням умов різання та вимог до точності;
- побудувати 3D-модель інструменту в середовищі CAD;

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-15.01.АСПМ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Михайленко</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</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>Архив</i>
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-21</i>		

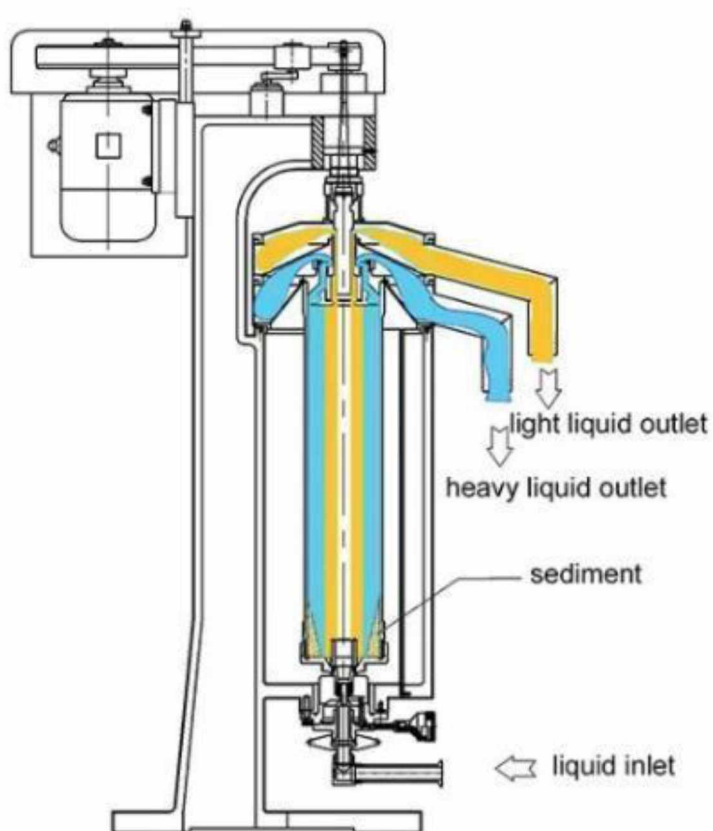
- провести інженерний аналіз інструменту за допомогою САЕ-систем;
- оцінити результати моделювання та надати рекомендації щодо вдосконалення конструкції.

Об'єктом дослідження є процес обробки деталей типу «Кільце» в умовах серійного виробництва.

Предметом дослідження є конструкція спеціального ріжучого інструменту для обробки поверхонь зазначеної деталі та його поведінка під дією експлуатаційних навантажень, змодельована за допомогою САЕ-систем.

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

Кільце опорне нижнє є складовою частиною трубчастої центрифуги GF (рис. 1.2). Трубчаста центрифуга серії GF в основному використовується для розділення всіх видів суспензій, які важко розділити, особливо підходить для розділення суспензій твердої речовини та рідини з невеликою концентрацією, дрібними частинками та дуже малою різницею у вазі двох фаз, підходить для вмісту твердої речовини нижче 2%.



GF model (liquid-liquid-solid)



Рисунок 1.2 – Трубчаста центрифуга серії GF

					КНУ.КБР.131.25.1-15.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата		

Завдяки своїй високій ефективності (практично відсутні втрати продукту) та невеликим розмірам, таке обладнання є чудовою заміною багатьом традиційним фільтрам та мембранам. Крім того, на відміну від традиційних фільтрів, виріб не вимагає захисних споруд або систем зворотного промивання і ніколи не засмічується.

Залежно від характеристик продукту та швидкості потоку трубчасті центрифуги вловлюють тверді частинки до 99,9%. Корпус, що повністю відкривається, дозволяє легко знімати трубку, чистити і перевіряти її. Охолодження: у корпусі можуть бути встановлені змійовики для контролю температури трубки та рідин. Електричні елементи керування виготовлені відповідно до стандартів для небезпечних середовищ.

Конструктивні елементи трубчастої центрифуги показано на рис. 1.3.

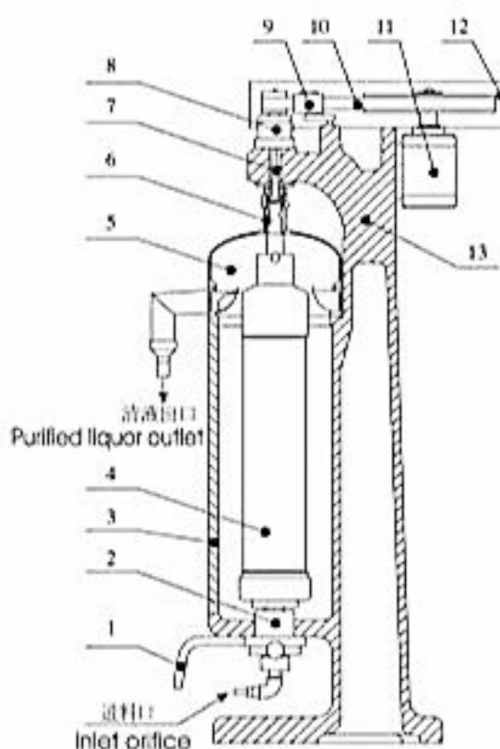


Рисунок 1.3 – Схема складових частин трубчастої центрифуги:

- 1 – ручка; 2 – підшипник ковзання; 3 – дверцята фюзеляжу; 4 – вузол чаші;
 5 – вузол рідини; 6 – захисний кожух; 7 – головна вісь; 8 – вузол ручки;
 9 – притискний ролик; 10 – шкіряний ремінь; 11 – вузол приводу двигуна;
 12 – щиток; 13 – фюзеляж

1.3 Вибір посадки для з'єднань з зазором

Найточнішою поверхнею деталі «Кільце» є $\varnothing 100H7$. Цією поверхнею деталь з'єднується з іншою по посадці з зазором, а функційні зазори складають $S_{\min F} = 30 \text{ мкм}$ $S_{\max F} = 229 \text{ мкм}$. Обираємо посадки, користуючись умовою:

$$\begin{aligned} S_{\min T} &\geq S_{\min F}; & S_{\min T} &\geq 30 \text{ мкм}; \\ S_{\max T} &\ll S_{\max F}; & S_{\max T} &\ll 229 \text{ мкм}. \end{aligned}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-15.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибираємо посадку $\varnothing 100 \frac{H7}{f7}$.

1. $\varnothing 100H7$; $ES = +35$ мкм, $EI = 0$.
 $\varnothing 100f7$; $es = -36$ мкм, $ei = -71$ мкм.
2. $D_{\max} = D_H + ES = 100 + 0,035 = 100,035$.
 $D_{\min} = D_H + EI = 100 + 0 = 100$.
 $d_{\max} = d_H + es = 100 + (-0,036) = 99,964$.
 $d_{\min} = d_H + ei = 100 + (-0,071) = 99,929$.
3. $TD = D_{\max} - D_{\min} = 100,035 - 100 = 0,035$.
 $TD = ES - EI = 35 - 0 = 35$ мкм.
 $Td = d_{\max} - d_{\min} = 99,964 - 99,929 = 0,035$.
 $Td = es - ei = -36 - (-71) = 35$ мкм.
4. $S_{\max T} = D_{\max} - d_{\min} = 100,035 - 99,929 = 0,106$.
 $S_{\max T} = ES - ei = 35 - (-71) = 106$ мкм.
 $S_{\min T} = D_{\min} - d_{\max} = 100 - 99,964 = 0,036$.
 $S_{\min T} = EI - es = 0 - (-36) = 36$ мкм.

Схема полів допусків посадки, що була визначена, виконана в системі отвору з зазором та представлена на рисунку 1.4.

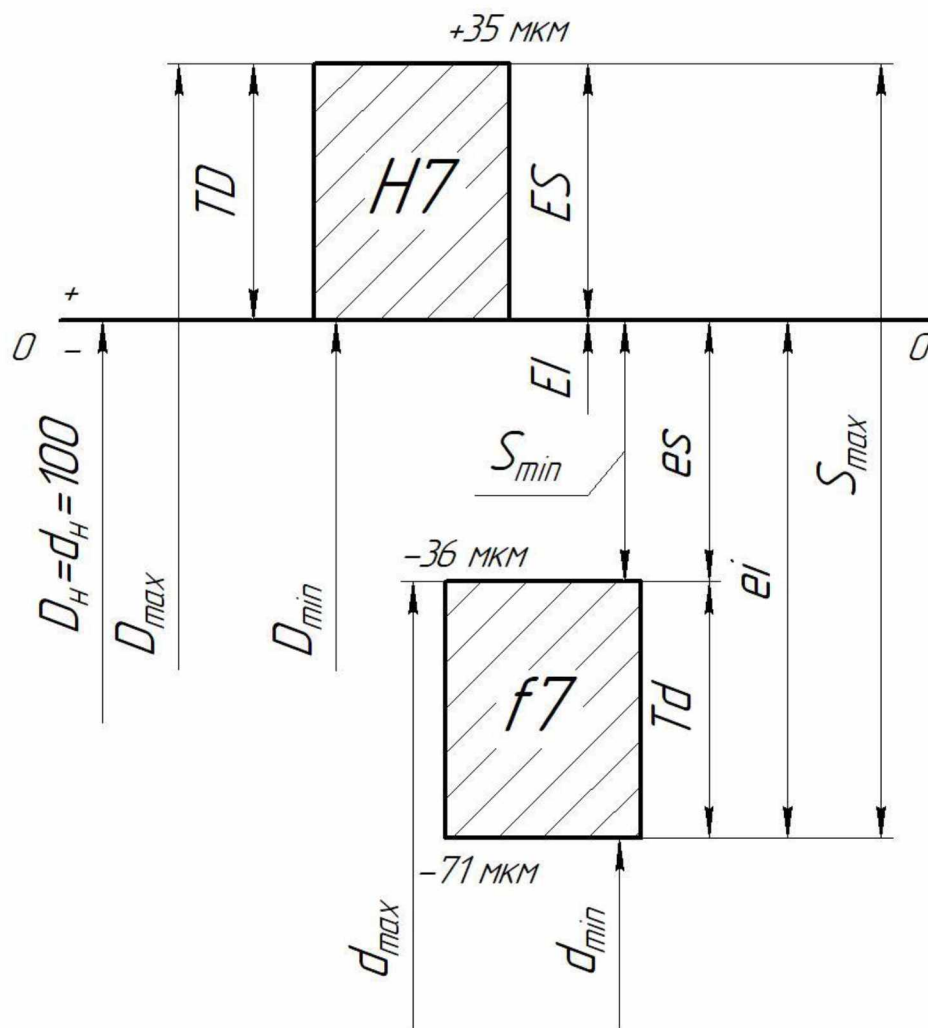


Рисунок 1.5 – Схема полів допусків посадки з зазором

					КНУ.КБР.131.25.1-15.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Кільце – деталь машини, механізму, приладу циліндричної або конічної форми (з осью симетрії), що має осевий отвір, у який входить сполучна деталь. Заготовка для деталі «Кільце» - штамповка зі сталі 45.

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

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 (ДСТУ 7809:2015), %

Хімічний елемент	%
Вуглець (C)	0.42 – 0.5
Сіліцій (Si)	0.17 – 0.37
Марганець (Mn)	0.5 – 0.8
Хром (Cr)	0.1 – 0.25
Нікель (Ni)	0.1 – 0.25
Арсен (As), не більше	0.08
Купрум (Cu), не більше	0.25
Фосфор (P), не більше	0.04
Сірка (S), не більше	0.035

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45

Сортамент	Розмір, мм	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_b , МПа	δ_B , %	Ψ , %	Термообробка
Прутки	100-300	315	570	14	35	Нормалізація, гартування, відпуск

Термообробка, яка проводиться для сталі 45:

- гартування при 820–860 °С із подальшим відпуском при 600–650 °С для зняття напружень.
- можлива нормалізація при температурі близько 850–880 °С.

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Виходячи з встановлених вимог до точності та якості обробки поверхонь деталей, підбираємо відповідні технологічні методи, які у своїй сукупності забезпечать необхідний рівень якості згідно з робочим кресленням.

Послідовність обраних операцій наведено в таблиці 2.3, нумерація поверхонь деталі наведена на рисунку 2.1.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-15.02.ТПВД</i>		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			
Розроб.		Михайленко			Технологічна підготовка виробництва деталі		
Перевір.		Нечаєв					
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв					
Зав. каф.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Арк.шіт
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21		

Таблиця 2.3 – Послідовність технологічних методів обробки поверхонь деталі

№ пов.	Розмір, мм	Ra	IT	Послідовність технологічних методів обробки	Примітки
1	2	3	4	5	6
1,15	L63	12,5 6,3 3,2	14 11 js8	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	 0,04 A
2	ø113	12,5	14 11 h8	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	
3	R1	12,5	h14	Чорнове точіння	
4	L6	12,5	h14	Чорнове точіння	
5	R8	12,5	h14	Фрезерування	
6	L8	12,5 6,3 3,2	h14	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	
7	ø163	12,5	14 11 h8	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	
8	L16	12,5	14 12 k11	Чорнове, Напівчистове	
9	ø185	12,5 6,3 3,2	14 11 h8	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	 0,012 A
10	L32	12,5 6,3 3,2	14 12 k11	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	
11	ø208	12,5	14 11 h8	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	
12	L23	12,5	h14	Чорнове точіння	
13	R6	12,5	h14	Чорнове точіння	
14	ø165	12,5	14 h10	Чорнове, Напівчистове точіння	
16	ø142	12,5 6,3	14 11 JS8	Чорнове, Напівчистове, Чистове точіння	
17	$\alpha=30^\circ$ Ø142...110	12,5	H14	Чорнове точіння	

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-15.02.ТПВД		2	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	--	---	------

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6
18	R5	12,5	H14	Чорнове точіння	
19	ø110	12,5	H14	Чорнове точіння	
20	2×45° 2 фаски	12,5	H14	Чорнове точіння	
21	ø100	12,5 6,3 3,2	14 10 H8	Розсвердлювання, Протягування	

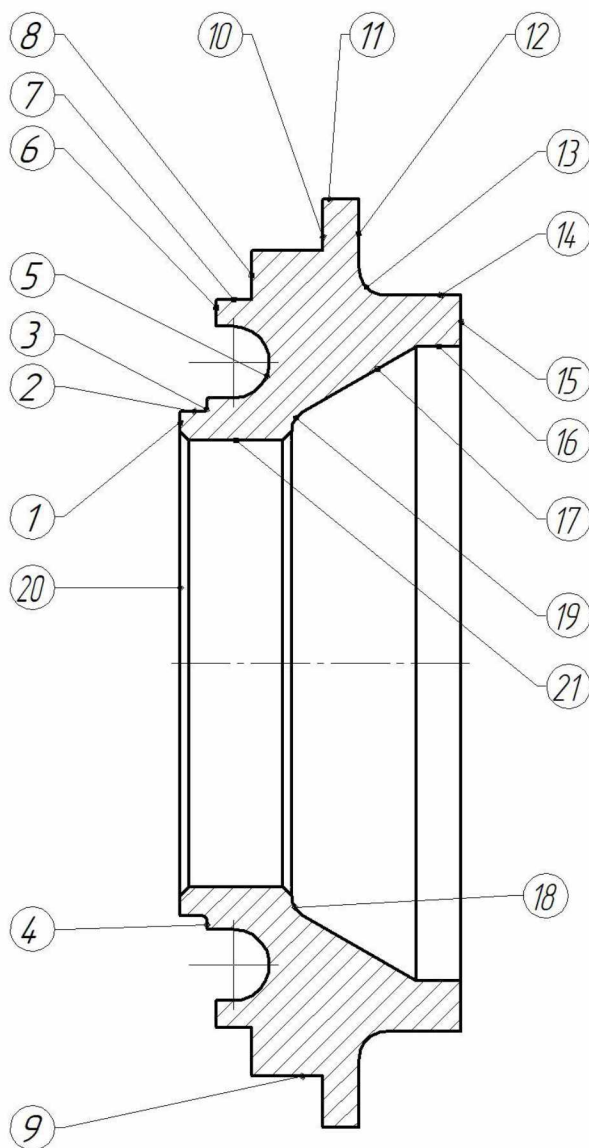


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Кільце»

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталі зображений головний вид деталі, проставлені всі потрібні розміри, шорсткість та допуски на відхилення, які необхідні для

					КНУ.КБР.131.25.1-15.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

виготовлення деталі. Додатково є інформація в технічних вимогах, проставлена невказана шорсткість поверхонь.

Деталь забезпечує можливість застосування високопродуктивних режимів обробки, має зручні базові поверхні для виконання початкових операцій і вирізняється простою конструкцією та формою.

Зовнішні поверхні деталі можуть використовуватися як установчі та опорні бази під час обробки, а також як базові елементи під час складання.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес виготовлення заданої деталі передбачає послідовне виконання наступних операцій:

005 – токарна чорнова;

010 – багатоцільова;

015 – протяжна.

Враховуючи кількість і характер запланованих технологічних операцій обробки поверхонь, визначаємо необхідні типи металорізального обладнання та відповідних інструментів. Інформацію систематизуємо в таблиці 2.4.

Всі чорнові операції будуть виконуватися на токарному верстаті моделі 16K20 (див. рис. 2.2).

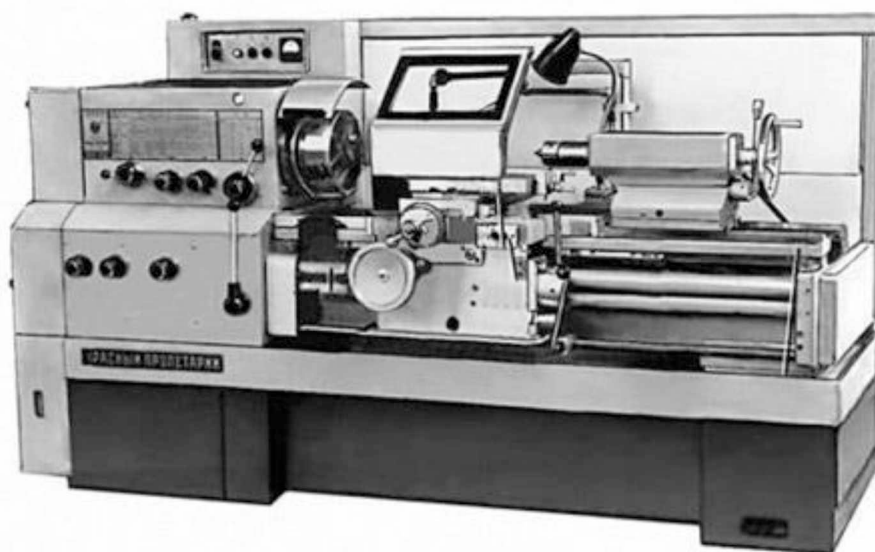


Рисунок 2.2 – Загальний вид токарно-гвинторізного верстата 16K20

Технічні характеристики

Діаметр обробки над станиною, мм.....	400
Діаметр обробки над супортом, мм	220
Відстань між центрами	1000/1500
Клас точності	Н
Розмір внутрішнього конуса в шпинделі.....	Морзе 6 М80
Діаметр наскрізного отвору в шпинделі, мм.....	55

					КНУ.КБР.131.25.1-15.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Максимальна маса заготовки, закріпленої в патроні, кг.....	300
Максимальна маса деталі, закріпленої в центрах, кг.....	1300
Число ступенів обертання шпинделя, шт.....	23
Число ступенів частот зворотного обертання шпинделя.....	12
Межі частот прямого обертання шпинделя, хв-1.....	12,5 - 2 000
Межі частот зворотного обертання шпинделя, хв-1.....	19 - 2 420
Число ступенів робочих подач - поздовжніх	42
Число ступенів робочих подач - поперечних	42
Межі робочих подач - поздовжніх, мм / об	0,7 - 4,16
Межі робочих подач - поперечних, мм / об	0,035-2,08
Число нарізаємих метричних різьб.....	45
Число нарізаємих дюймових різьб.....	28
Число нарізаємих модульних різьб.....	38
Число нарізаємих пітчевих різьб.....	37
Число нарізаємих різьб - Архімедова спіралі	5
Найбільший крутний момент, кНм.....	2
Найбільше переміщення пінолі, мм.....	200
Поперечний зсув корпусу, мм.....	15
Найбільше перетин різця, мм.....	25
Потужність електродвигуна головного приводу, кВт	10
Потужність насоса охолодження, кВт.....	0,12
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В), мм.....	3 200 x 1 166 x 1 324
Маса верстата, кг.....	3 035

Всі інші операції виконуємо на багатофункціональному токарно-фрезерному центрі DOOSAN серії PUMA SMX 2600 (рис. 2.3).



Рисунок 2.3 – Багатофункціональний токарно-фрезерний центр DOOSAN серії PUMA SMX 2600

					КНУ.КБР.131.25.1-15.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Технічні характеристики

Максимальний діаметр заготовки, мм	760
Максимальна довжина заготовки, мм.....	1500 Class
Стандартний розмір патрона (лівий / правий шпиндель), дюймів....	10/10
Робочий діаметр стержня, мм	76
Максимальна швидкість шпинделя, об / мин	4000
Максимальна потужність двигуна шпинделя, кВт.....	26
Швидкість фрезерного шпинделя об / хв,.....	12000
Рух по осі – Y, мм.....	230 (± 115)
Система ЧПУ.....	FANUC
Варіанти обробки.....	T, ST ⁵

Для роботи спеціального інструменту вибираємо горизонтально-протяжний верстат 7Б55 (рис. 2.4).



Рисунок 2.4 – Загальний вид горизонтально – протяжного верстату 7Б55

Технічні характеристики

Клас точності верстату	H;
Номінальне тягове зусилля.....	100 кН;
Найбільша довжина ходу робочих салазок	1250 мм;
Відстань від станини до вісі отвору під планшайбу в опорній плиті	250 мм;
Максимальний зовнішній діаметр оброблюємої деталі	600 мм;
Розміри робочої поверхні передньої опорної плити верстата	450 x 450
Діаметр отвору під планшайбу в опорній плиті	160 мм;
Діаметр отвору в планшайбі	125 мм;
Діаметр планшайби	280 мм;
Швидкість робочого ходу	1,5 ÷ 11,5 м/хв.;
Регулювання швидкості робочого ходу.....	безступінчаті;

					КНУ.КБР.131.25.1-15.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Рекомендована швидкість оберненого ходу20-25 м/хв.;
 Рекомендована швидкість підведення і відведення протяжки15 м/хв.;
 Електродвигун приводу головного руху18,5 кВт;
 Габаритні розміри верстату (Д х Ш х В)..... 6340 х 2990 х 1910 мм;
 Вага верстату5200 кг;

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

Позиція	Найменування операції	Тип верстату
1, 15	Чорнове точіння	16K20
	Напівчистове, Чистове точіння	DOOSAN серії PUMA SMX 2600
2;6;7;10;11;16	Чорнове точіння	16K20
	Напівчистове, Чистове точіння	DOOSAN серії PUMA SMX 2600
3;4;8;12;13; 14;17;18;19;20	Чорнове точіння	16K20
5	Фрезерування	DOOSAN серії PUMA SMX 2600
9	Чорнове точіння	16K20
	Напівчистове, Чистове точіння	DOOSAN серії PUMA SMX 2600
21	Розсвердлювання	DOOSAN серії PUMA SMX 2600
	Протягування	7Б55

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Зважаючи на кількість та характер раніше визначених технологічних способів обробки поверхонь, обираються сучасні інструменти, запропоновані як вітчизняними, так і закордонними виробниками. Для кожної поверхні деталі здійснюється обґрунтований вибір типу інструмента з поданням відповідного ескізу. Всі дані зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ пов.	Найменування операції	Тип інструмента
1	2	3
1,15	Точіння чорнове	Прохідний прямий різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18878:2015
	Точіння напівчистове	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3 Покриття TP 1500
	Точіння чистове	Державка CSDPN 2525 M16, Пластина CNMA160616 FF2 Покриття ТК1501
9	Точіння чорнове	Прохідний прямий різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18878:2015
	Точіння напівчистове	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3 Покриття TP 1500
	Точіння чистове	Державка CSDPN 2525 M16, Пластина CNMA160616 FF2 Покриття ТК1501
3;4;12;13; 16;17;18; 19;20	Точіння чорнове	Прохідний прямий різець Т5К10 ГОСТ 18878:2015
5	Фрезерування	Сферична кінцева фреза: R218.20-1612.0-14.07.0А; Покриття H25; Пластина: XPKX12T331PDER-E08
16	Розточування напівчистове	Державка S25S-MWLNRO8 Пластина WNMG080404W-MF2 Покриття TP2500

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ</i>		
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			
Розроб.		Михайленко			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.
Перевір.		Нечаєв					Аркцшів
Реценз.							
Н. контр.		Нечаєв				Каф. ТМ, гр. ПМ-21	
Зав. каф.		Рязанцев					

Продовження таблиці 3.1

1	2	3
8;14	Точіння чорнове	Прохідний прямий різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18878:2015
	Точіння напівчистове	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3 Покриття TP 1500
2;6;7; 10;11	Точіння чорнове	Прохідний прямий різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18878:2015
	Точіння напівчистове	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3 Покриття TP 1500
	Точіння чистове	Державка CSDPN 2525 M16, Пластина CNMA160616 FF2 Покриття TK1501
21	Розсвердлювання	Корпус SD542-60-150-40R7 Центральні пластини SPGX0903-C1 Покриття T400D Периферійні пластини SCGX09T308-P1 Покриття T250D
	Протягування	Спеціальний інструмент

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, тип обробки та особливості застосованих металорізальних верстатів, для обраних типів інструментів визначено матеріал ріжучої частини, її геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу або хвостовика). Інструменти виготовлені як вітчизняними, так і закордонними виробниками. Відповідна інформація наведена в таблиці 3.2.

Позиції: 1,2,3,4,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20 – чорнове точіння зовнішніх поверхонь та підрізання торців.

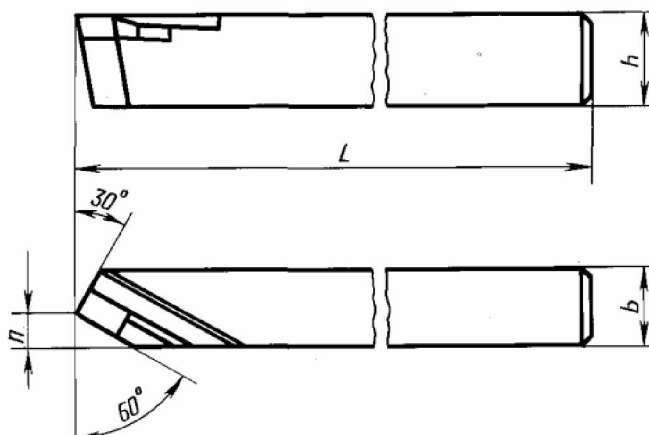


Рисунок 3.1 – Прохідний прямий різець Т5К10 ДСТУ ГОСТ 18878:2015

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Геометричні параметри: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $L=100\text{мм}$.

Позиції: 1;2;6;7;8;9;10;11;14;15 – напівчистове точіння зовнішніх поверхонь та підрізання торців.

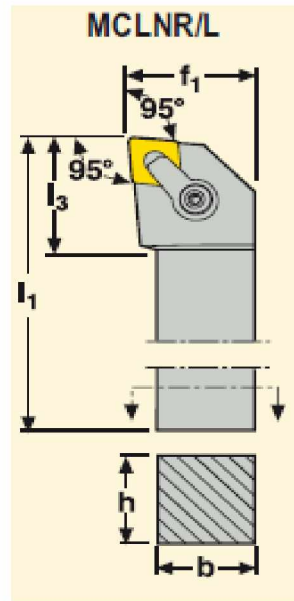


Рисунок 3.2 – Державка MCLNR2525M16 [1, с. 84]

Геометричні параметри: $h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $l_1=150\text{мм}$; $l_3=35\text{мм}$; $f_1=32\text{мм}$

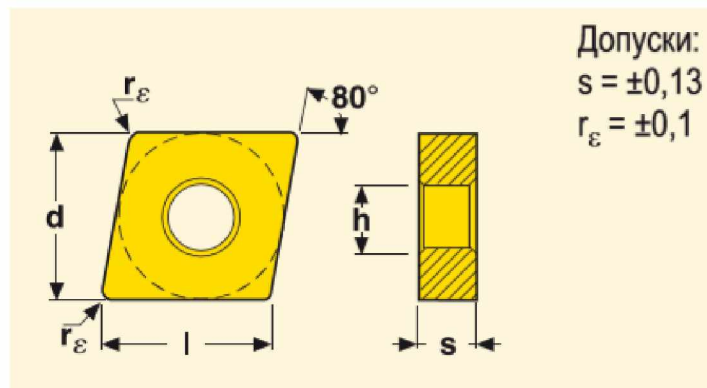


Рисунок 3.3 – Пластинка CNMG 160608-M3, покриття – TP1500 [1, с. 197]

Геометричні параметри: $d=6,35\text{мм}$; $l=6,5\text{мм}$; $s=2,38\text{мм}$; $h=2,8\text{мм}$; $r_\epsilon = 0,05\text{мм}$.

Позиції: 1;2;6;7;9;10;11;15 – чистове точіння зовнішніх поверхонь.

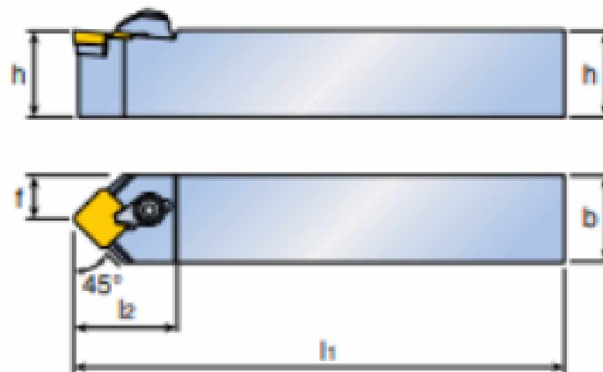


Рисунок 3.4 – Державка CSDPN 2525 M16 [1, с. A54]

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			

Геометричні параметри: $h=25\text{мм}$; $b=25\text{мм}$; $l_1=150\text{мм}$; $l_2=29\text{мм}$; $f=12.5\text{мм}$.

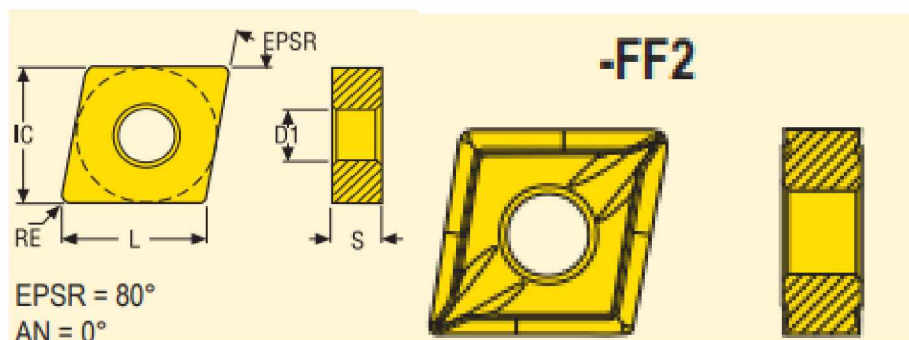


Рисунок 3.5 – Пластина CNMA160616 FF2; Покриття ТК1501 [1, с. 389]

Геометричні параметри: $d=12.7\text{мм}$; $t=4.76\text{мм}$; $r=0.4-1.6\text{мм}$

Позиція: 5 – фрезерування поверхні

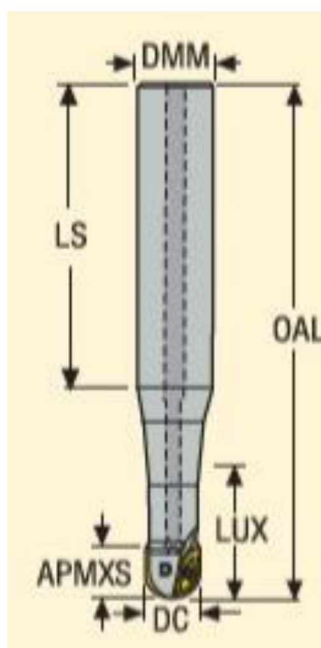


Рисунок 3.6 – Сферична кінцева фреза R218.20-1612.0-14.07.0A [3, с. 388]

Геометричні параметри: $DC=16\text{мм}$; $APMXS=14\text{мм}$; $LUX=36\text{мм}$; $OAL=120\text{мм}$; $DMM=20\text{мм}$

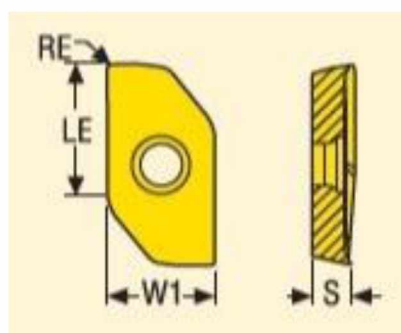


Рисунок 3.7 – Пластина XPKX12T331PDER-E08; Покриття H25 [1, с. 693]

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри: $W1=10\text{мм}$; $LE=12,1\text{мм}$; $RE=3,1\text{мм}$; $S=1,7\text{мм}$

Позиція: 21 – розсвердлювання отвору.

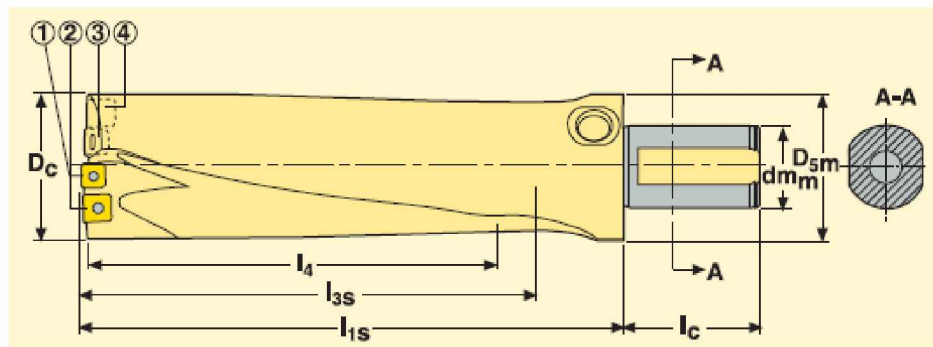


Рисунок 3.8 – Корпус SD542-60-150-40R7 [2, с. 139]

Геометричні параметри: Геометричні параметри: $l_{1s} = 201,5\text{мм}$; $l_c = 68\text{мм}$; $l_{3s} = 156\text{мм}$; $d_{m_m} = 40\text{мм}$; $D_{5m} = 79\text{мм}$; $D_c = 60\text{мм}$.

Позиція: 16 – розточування чистове

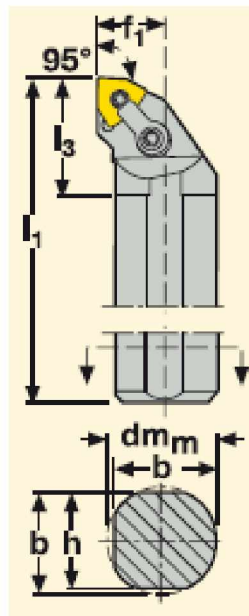


Рисунок 3.9 – Державка S25S-MWLNRO8 [1, с. 162]

Геометричні параметри: $d_{m_m} = 25\text{мм}$; $h=23\text{мм}$; $b=24\text{мм}$; $l_1 = 250\text{мм}$; $f_1 = 17\text{мм}$; $l_3 = 40\text{мм}$; $D_{m_{min}} = 32\text{мм}$.

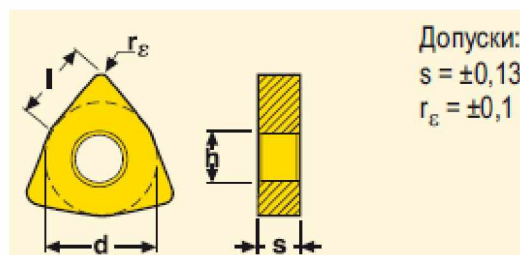


Рисунок 3.10 – Пластина WNMG080404W-MF2, покриття – TP2500 [1, с. 228]

Зм.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ		Арк.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1;2;3;4;6; 7;8;9;10; 11;12;13; 14;15	Прохідний різець	чорнова - Т5К10	Сталь 40	$\varphi = 90^\circ$, $\varphi_1 = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$
1;2;6;7;8; 9;10;11; 14;15	Прохідний різець	напівчистова - TP1500	MCLNR2525 M16	$\varphi = 95^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $\gamma = -6^\circ$, $\lambda = -6^\circ$, $r_\varepsilon = 0,05$
1;2;6;7;9; 10;11;15	Прохідний різець	чистова - ТК1501	CSDPN2525 M16	$\varphi = 95^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $\gamma = -6^\circ$, $\lambda = -6^\circ$, $r_\varepsilon = 0,05$
5	Сферична кінцева фреза	H25	R218.201612.0-14.07.0A	$r_\varepsilon = 0,2$; $\varphi = 95^\circ$ $\varphi_1 = 5^\circ$; $\alpha = 0^\circ$, $\gamma = -5^\circ$
21	Корпус	центральні пластини - T400D; периферійні пластини - T250D	SD542-60-150-40R7	$l_{1s} = 201,5\text{мм}$ $D_c = 60\text{мм}$
16;17;18; 19;20	Внутрішній розточний різець	чорнова - TP2500 напівчистова-TP2500	S25SMWLN R08	$r_\varepsilon = 0,4$, $\varphi = 95^\circ$, $\varphi_1 = 5^\circ$, $\alpha = 0^\circ$, $\gamma = -5^\circ$, $\lambda = -11^\circ$

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Основні розміри інструменту, пластини	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1;4;6;8; 10;12; 15	Прохідний прямий різець для підрізки торця	чорнова: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $L=100\text{мм}$	T5K10	ДСТУ ГОСТ 18878:2015
2;3;5;7; 9;11;14; 13	Прохідний прямий різець для підрізки торця	чорнова: $h=20\text{мм}$; $b=20\text{мм}$; $L=100\text{мм}$	T5K10	ДСТУ ГОСТ 18878:2015

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ	Арк.
------	------	----------	--------	------	-----------------------------	------

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
2;7;9; 11; 14	Прохідний відігнутий різець для зовнішнього точіння	напівчистова : $h=25\text{мм};$ $b=25\text{мм};$ $l_1=150\text{мм};$ $l_3=35\text{мм};$ $f_1=32\text{мм}$	TP1500	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3
1;6;8; 10; 15	Прохідний відігнутий різець для підрізки торця	напівчистова : $h=25\text{мм}; b=25\text{мм};$ $l_1=150\text{мм};$ $l_3=35\text{мм};$ $f_1=32\text{мм}$	TP1500	Державка MCLNR2525M16, Пластина CNMG 160608-M3
1;6; 10; 15	Прохідний прямий різець для підрізки торця	чистова : $h=25\text{мм}; b=25\text{мм};$ $l_1=150\text{мм};$ $l_2=29\text{мм}; f=12.5\text{мм}$	TK1501	Державка CSDPN 2525 M16, Пластина CNMA160616 FF2
2;7;9; 11	Прохідний прямий різець для зовнішнього точіння	чистова : $h=25\text{мм}; b=25\text{мм};$ $l_1=150\text{мм};$ $l_2=29\text{мм}; f=12.5\text{мм}$	TK1501	Державка CSDPN 2525 M16, Пластина CNMA160616 FF2
16;17; 18;19; 20	Внутрішній розточний різець	напівчистова : $d_{m_m} = 25\text{мм};$ $h=23\text{мм};$ $b=24\text{мм};$ $l_1 = 250\text{мм};$ $f_1 = 17\text{мм};$ $l_3 = 40\text{мм};$ $D_{m_{min}} = 32\text{мм}$	TP2500	Державка S25S-MWLNR08 Пластинка WNMG080404W- MF2
5	Сферична кінцева фреза	DC=16мм; APMXS=14мм LUX=36мм; OAL=120мм; DMM=20мм	H25	Сферична кінцева фреза: R218.20-1612.0- 14.07.0A Пластинка: XPKX12T331PDER- E08
21	Корпус	$l_{1s} = 201,5\text{мм};$ $l_c = 68\text{мм};$ $l_{3s} = 156\text{мм};$ $d_{m_m} = 40\text{мм};$ $D_{5m} = 79\text{мм};$ $D_c = 60\text{мм}$	центральні пластини - T400D периферійні пластини - T250D	Корпус SD542-60- 150-40R7 Центральні пластини SPGX0903-C1 Периферійні пластини SCGX09T308-P1

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ	Арк.
Зм.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструментів визначаються найбільш складні умови експлуатації, зокрема чорнова обробка. З урахуванням параметрів різання – фізико-механічних властивостей матеріалу заготовки, технічних характеристик верстата та режимів обробки — виконують розрахунок сил різання. Бажано передбачити можливість автоматизованого розрахунку режимів різання. Обраний інструмент перевіряється на міцність у найвищих навантажувальних умовах. Для розрахунку використовується прохідний упорний різець ДСТУ ГОСТ 18878:2015 оскільки він знімає найбільший припуск та працює в найбільш важких умовах.

Розміри різця: $h=25\text{мм}$; $b=16\text{мм}$; $L=120\text{мм}$, матеріал різця – сталь 40 з межею міцності $\sigma_b=640\text{ МПа}$ і допустимою напругою $\sigma_{д.н.}=200\text{ МПа}$.

Параметри оброблюваної заготовки: матеріал – сталь 40Х з межею міцності $\sigma_b=980\text{ МПа}$; діаметр заготовки – $384,4\text{ мм}$, припуск на обробку (на сторону – 4 мм), подача $S=1,1\text{ мм/об}$, виліт різця $l=65\text{ мм}$.

1. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 9,81 C_{P_z} t^{P_z} S^{P_z} K_{P_z} = 9,81 * 300 * 4^{0,15} * 1,1^{0,45} * 1 = 3778$$

де: K_{P_z} – сумарний поправочний коефіцієнт;

t^{P_z} – показник степені при глибині різання;

S^{P_z} – показник степені при подачі.

2. Ширина і висота перетину державки $h=25\text{ мм}$; $b=16\text{ мм}$.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

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

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

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

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

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

J – Момент інерції прямокутного перетину державки:

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

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$5128 > 3778 < 4544$$

Умова виконана. Різець має достатню міцність та жорсткість.

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

З урахуванням характеристик посадочних поверхонь верстата для встановлення різального інструменту, а також параметрів самих інструментів,

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

визначаємо відповідні типи допоміжних інструментів згідно з міжнародними стандартами для кожного обраного різального інструменту. Відповідні дані подано в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Метало-різальний верстат (тип, модель)	Тип ріжучого інструменту (шифр інструменту)	Параметри посадочного місця різального інструменту	Допоміжний інструмент (шифр інструменту) за міжнародними стандартами
1	2	4	5	6
1;4;6; 8;10; 12; 15	16K20	Прохідний прямий різець ДСТУ ГОСТ 18878:2015	h=20; b=20	-
2;3;57; 9;11; 14;13	16K20	Прохідний прямий різець ДСТУ ГОСТ 18878:2015	h=20; b=20	-
2;7; 9;11; 14	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Прохідний відігнутий різець MCLNR2525M16	h=25; b=25	Різцетримач радіальний короткий, тип B1: 509.31.32 B1- 50x32x55; DIN 69880
1;6; 8;10; 15	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Прохідний відігнутий різець MCLNR2525M16	h=25; b=25	Різцетримач радіальний короткий, тип B1: 509.31.32 B1- 50x32x55; DIN 69880
1;6; 10; 15	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Прохідний прямий різець CSDPN 2525 M16	h=25; b=25	Різцетримач радіальний короткий, тип B1: 509.31.32 B1- 50x32x55; DIN 69880
2;7; 9;11	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Прохідний прямий різець CSDPN 2525 M16	h=25; b=25	Різцетримач радіальний короткий, тип B1: 509.31.32 B1- 50x32x55; DIN 69880
16; 17; 18; 19; 20	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Внутрішній розточний різець S25S-MWLNR08	h=25; b=25	Тримач для розточних різців, тип: E2 509.52.50 E2-50x25; DIN 69880

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 3.4

1	2	4	5	6
5	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Сферична кінцева фреза R218.20-1612.0- 14.07.0A	d=20	Патрон цанговий E 9304 5675 40120
21	DOOSAN серії PUMA SMX 2600	Корпус SD542-60-150-40R7	d=40	Тримач с боковим зажимом Weldon E930658440120
	7B55	Протяжка	d=100	

Інструментальний комплекс включає основний різальний інструмент, далі – систему допоміжних елементів, що з'єднують його з посадочними поверхнями металорізального верстата.

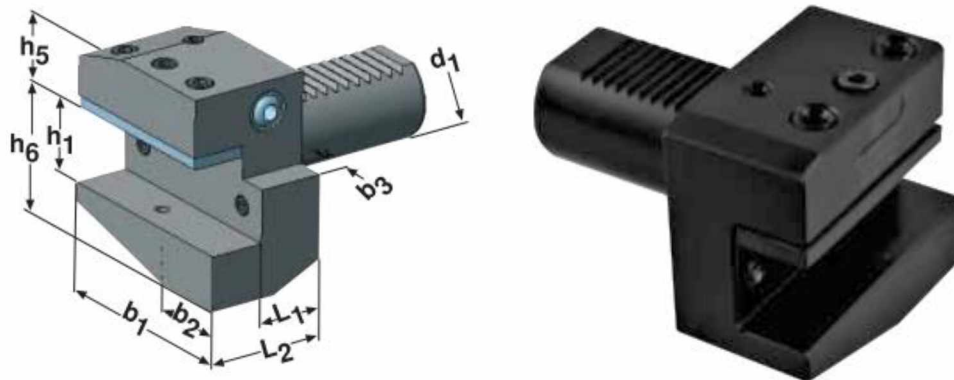


Рисунок 3.11 – Різцетримач радіальний короткий для різців з прямокутним перетином, тип B1: 509.31.32 [4]

Геометричні параметри: $d_1=50$ мм; $h_1=32$ мм; $L_2=55$ мм; $L_1=30$ мм; $b_1=100$ мм; $b_2=50$ мм; $b_3=16$ мм; $h_5=35$ мм; $h_6=60$ мм.

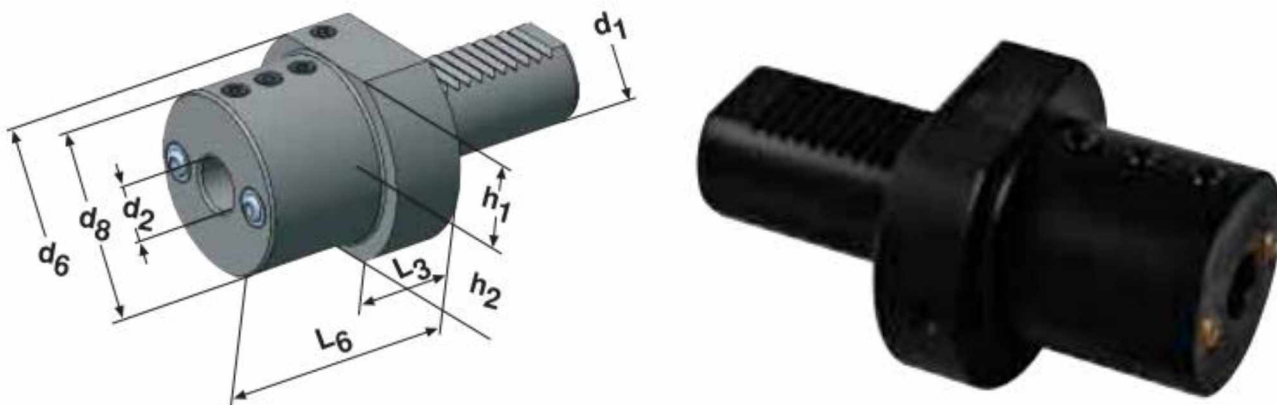


Рисунок 3.12 – Тримач для розточних різців, тип: E2 509.52.50 [4]

Геометричні параметри: $d_1=50$ мм; $d_2=50$ мм; $d_6=98$ мм; $d_8=98$ мм; $h_1=35$ мм; $L_3=30$ мм; $L_6=100$ мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		



- Биение 10 мкм максимум на 3хd.

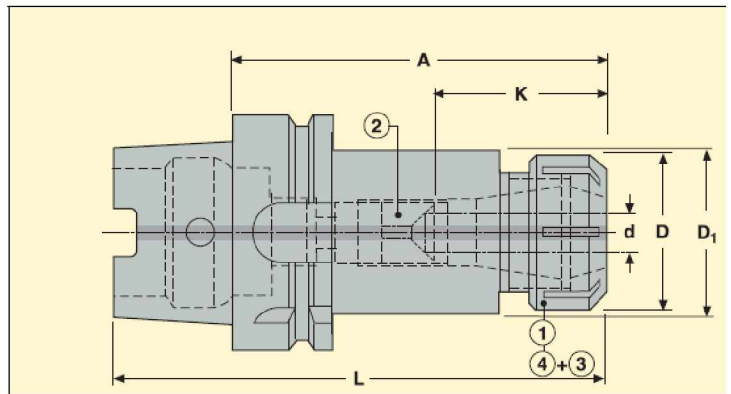


Рисунок 3.13 – Цанговый патрон $d=20$ мм, E9304 5675 40120 [4]

Геометричні параметри: $A=120$ мм; $D=63$ мм; $D_1=53$ мм; $L=152$ мм; $K=50-65$ мм; конус – HSK-A63.



- Прямое биение 3 мкм максимум.
- Weldon d 16, 20, 25, 32 и 40 со шлифованным торцом (Seco-Weldon совместимые).

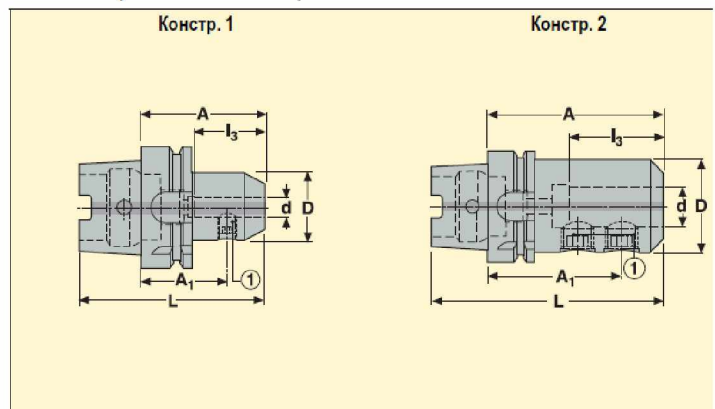


Рисунок 3.14 – Тримач для сверла с боковым зажимом, Weldon, $d=40$ мм, E9306 584 40120 [4]

Геометричні параметри: $A=120$ мм; $D=80$ мм; $A_1=90,5$ мм; $L=170$ мм; $l_3=68$ мм; конус – HSK-A100.

					КНУ.КБР.131.25.1-15.03.ВРДІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Виконуємо розрахунок спеціального різального інструменту – протяжки.

Вихідні дані:

Матеріал заготовки – Сталь 45;

Твердість – HB 321-364;

Стан поверхні – після механічної обробки;

Діаметр отвору до обробки – $\varnothing 99 \text{ H}10\left(\begin{smallmatrix} +0.14 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$;

Діаметр отвору після обробки – $\varnothing 100 \text{ H}7\left(\begin{smallmatrix} +0.035 \\ 0 \end{smallmatrix}\right)$;

Шорсткість поверхні – Ra 1,6;

Найбільша довжина протягування – 63 мм;

Верстат – 7Б55, тягова сила – 100 кН, максимальна довжина ходу салазок – $L_{\max} = 1520$ мм, діапазон швидкостей – 1,5-11,5 м/хв;

Стан верстату – задовільний;

Тип виробництва – масове.

Порядок розрахунку:

1. Встановлюю групу оброблюваності по марці і твердості оброблюємого матеріалу заготовки [4, с. 200, П2]: група оброблюваності – IV.

2. Встановлюю групу якості по квалітету і шорсткості поверхні отвору заданого креслення на деталь по [4, с. 203, П2]: група якості – 3.

3. Матеріал різальної поверхні протяжки обираю в залежності від групи оброблюваності і типа виробництва по [4, с. 203, П3]: Р6АМ5 – швидкорізальна сталь.

4. Обираю протяжку зі зварним хвостовиком, матеріал хвостовика – сталь 40Х [4, с. 204, П4]. Так, як діаметр хвостовика повинен бути менше діаметра отвору під протяжку на 1...2 мм.

Приймаю діаметр хвостовика $d_1 = 98$ мм.

Так, як діаметр шийки виготовляють менше діаметра хвостовика на 0,3...1 мм.

Приймаю $d_{\text{ш}} = 97,2$ мм

Визначаю допустиму міцність хвостовика:

$$P_{\text{хв}} = [\sigma]_P F_{\text{оп}}; \text{Н}$$

де: $F_{\text{оп}} = 3848,4 \text{ мм}^2$ – площа небезпечного перетину хвостовика;

$[\sigma]_P = 300 \text{ Мпа}$ – для хвостовиків із сталі 40Х.

$$P_{\text{хв}} = 3848,4 * 300 = 1154520 \text{ Н}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.ПІАРІ						
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата							
Розроб.		Михайленко			Проектування та інженерний аналіз різального інструменту				Літ.	Арк.	Аркшів
Перевір.		Нечаєв									
Реценз.											
Н. контр.		Нечаєв									
Зав. каф.		Рязанцев									
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21						

5. Визначаю передні і задні кути протяжки по [4, с. 207, П5]:

Передній кут чорнових і перехідних зубів $\gamma = 10^\circ$, а калібруючих $\gamma = 10^\circ$.

Задній кут чорнових і перехідних зубів $\alpha_q = 2^\circ$, а калібруючих $\alpha_k = 1^\circ$.

6. Швидкість різання встановлюю по [4, с. 208, П6]: $v = 8$ м/хв.

7. Підйом чорнових зубів S_{zo} визначається з умов стійкості чорнової і чистової частини по [4, с. 211, П11] для IV групи оброблюваності, швидкості різання на початку $v = 8$ м/хв і подачі чистових зубів $S_z = 0,02$ мм/зуб встановлюю напрацювання чистової частини $T_1 = 56$ мм, по тій же швидкості різання напрацювання чорнових зубів $T_2 = 59$ мм і знаходимо підйом чорнових зубів

$S_{zo} = 0,03$ мм/зуб на сторону.

Визначаю напрацювання:

$$T_{м.п.} = T_m K_T; \text{ мм}$$

де: – поправочний коефіцієнт на напрацювання протяжки;

$$K_T = K_{ТВ} K_{Тр} K_{Тз} K_{Тд} K_{То} K_{Тм};$$

де: $K_{ТВ} = 1,5$ – залежить від групи якості;

$K_{Тр} = 0,5$ – залежить від схеми різання;

$K_{Тз} = 1$ – залежить від стану поверхні;

$K_{Тд} = 1$ – залежить від доводки зубів протяжки;

$K_{То} = 1$ – залежить від МОР (сульфофрезол);

$K_{Тм} = 1$ – залежить від матеріалу протяжки.

$$K_T = 1,5 * 0,5 * 1 * 1 * 1 = 0,75$$

Виходячи з поправочного коефіцієнта визначаю напрацювання по формулі:

$$K_{Т1} = 56 * 0,75 = 42;$$

$$K_{Т2} = 59 * 0,75 = 44,25;$$

Визначаю підйом калібруючих зубів на сторону:

$$S_{зк} = \frac{ES; EI}{t_k} = \frac{0,035}{7} = 0,005 \text{ мм/зуб};$$

де: ES; EI – верхнє і нижнє відхилення допуску Н7;

t_k – кількість калібруючих зубів.

8. Визначаю глибину стружкової канавки h , яка необхідна для розміщення стружки при підйомі зуба $S_{zo} = 0,03$ мм/зуб, розраховую по формулі:

$$h = 1,1283 \sqrt{K l_3 S_{zo}}; \text{ мм}$$

де: $l_3 = 63$ мм - довжина протягування;

$K = 3$ - коефіцієнт вмістимості стружки який залежить від групи оброблюваності.

$$h = 1,1283 \sqrt{3 * 63 * 0,03} = 2,68 \text{ мм}$$

Приймаю $h = 3$ мм

9. Приймаю крок зубів $t = 9$ мм, номер профілю 5.

Число одночасно працюючих зубів знаходимо по формулі:

$$Z_p = \frac{l_{max}}{t_o} = \frac{63}{9} = 7 \text{ зубів}$$

10. Визначаємо максимально допустиму силу різання. Обираємо меншу силу із 3-х і приймаємо за максимальну:

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

$$P_{CT} = (0,8 \div 0,9) Q_g = 0,8 * 100000 = 80000 \text{ Н};$$

$$P_{XB} = 1154520 \text{ Н};$$

$$P_{оп} = [\sigma]_P F_{оп}; \text{ Н}$$

де: $[\sigma_p] = 350 \div 400 \text{ МПа}$ – для протяжок більше 15 мм зі сталі.

$$P_{оп} = 400 * 193 = 77200 \text{ Н}$$

Приймаю $P_{max} = 77200 \text{ Н}$.

11. Визначаю число калібруючих зубів за формулою:

$$Z_c = \frac{\pi D q_0 Z_p K_{pm} K_{po} K_{pu} K_{pp}}{P_{max}}$$

де: $q_0 = 91 \text{ МПа}$ - по (2, ст. 218, П20) в залежності від S_{zo} і γ ;

$K_{pm} = 1,4$; $K_{po} = 1$; $K_{pu} = 1,1$; $K_{pp} = 1,2$ – поправочні коефіцієнти.

$$Z_c = \frac{3,14 * 100 * 91 * 3 * 1,4 * 1 * 1,1 * 1,2}{77200} = 2$$

Приймаю $Z_c = 2$.

12. Визначаю силу різання:

$$P = \frac{\pi D q_0 Z_p K_{pm} K_{po} K_{pu} K_{pp}}{Z_c} = \frac{3,14 * 100 * 91 * 1,4 * 1 * 1,1 * 1,2}{2} = 26402 \text{ Н}$$

13. Визначаю повний припуск:

$$A = D_{max} - D_{min} = 100 - 99 = 1 \text{ мм}$$

На чорнову обробку:

$$A_0 = A - (A_{п} + A_{ч}) = 1 - 0 = 1 \text{ мм}$$

14. Визначаю число чорнових зубів:

$$D_{ч} = D_{min} + (2S_{zc}); \text{ мм}$$

$$D_{1ч} = D_{min} = 99 \text{ мм};$$

$$D_{2ч} = 99 + (2 * 0,03) = 99,06 \text{ мм};$$

$$D_{3ч} = 99,06 + (2 * 0,03) = 99,12 \text{ мм};$$

$$D_{4ч} = 99,12 + (2 * 0,03) = 99,18 \text{ мм};$$

$$D_{5ч} = 99,18 + (2 * 0,03) = 99,24 \text{ мм};$$

$$D_{6ч} = 99,24 + (2 * 0,03) = 99,3 \text{ мм};$$

$$D_{7ч} = 99,3 + (2 * 0,03) = 99,36 \text{ мм};$$

$$D_{8ч} = 99,36 + (2 * 0,03) = 99,42 \text{ мм};$$

$$D_{9ч} = 99,42 + (2 * 0,03) = 99,48 \text{ мм};$$

$$D_{10ч} = 99,48 + (2 * 0,03) = 99,54 \text{ мм};$$

$$D_{11ч} = 99,54 + (2 * 0,03) = 99,6 \text{ мм};$$

$$D_{12ч} = 99,6 + (2 * 0,03) = 99,66 \text{ мм};$$

$$D_{13ч} = 99,66 + (2 * 0,03) = 99,72 \text{ мм};$$

$$D_{14ч} = 99,72 + (2 * 0,03) = 99,78 \text{ мм};$$

$$D_{15ч} = 99,78 + (2 * 0,03) = 99,84 \text{ мм};$$

$$D_{16ч} = 99,84 + (2 * 0,03) = 99,9 \text{ мм};$$

$$D_{17ч} = 99,9 + (2 * 0,03) = 99,96 \text{ мм};$$

Кількість чорнових зубів: 17 зубів.

15. Визначаю кількість перехідних зубів:

$$D_{1п} = 99,96 + (2 * 0,02) = 100 \text{ мм}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

16. Кількість калібруючи зубів по [4, с. 219, П22]: 7 зубів.

17. Визначаю загальне число зубів:

$$\sum Z = Z_{\text{ч}} + Z_{\text{п}} + Z_{\text{к}} = 17 + 1 + 7 = 25 \text{ зуба}$$

18. Визначаю довжину робочої частини протяжки:

$$L_p = l_{\text{ч}} + l_{\text{п}} + l_{\text{к}} = t_{\text{ч}}Z_{\text{ч}} + t_{\text{п}}Z_{\text{п}} + t_{\text{к}}Z_{\text{к}}; \text{ мм}$$

Крок чорнових і перехідних зубів однаковий: $t_{\text{ч}} = t_{\text{п}} = 9 \text{ мм}$ [4, с. 221, П24].

Крок калібруючи зубів $t_{\text{к}} = t_{\text{ч}} - 1 = 8 \text{ мм}$.

$$L_p = 9 * (17 + 1) + 8 * 7 = 218 \text{ мм.}$$

Для $t_{\text{ч}} = 9 \text{ мм}$ чорнових зубів:

$$h_{\text{к}} = 3 \text{ мм } r = 1,5 \text{ мм } C = 4,3 \text{ мм}; R = 5 \text{ мм}; F_{\text{к}} = 7,1 \text{ мм}^2$$

Для $t_{\text{к}} = 8 \text{ мм}$ калібруючих зубів:

$$h_{\text{к}} = 3 \text{ мм } r = 1,5 \text{ мм } C = 3,3 \text{ мм}; R = 5 \text{ мм}; F_{\text{к}} = 7,1 \text{ мм}^2$$

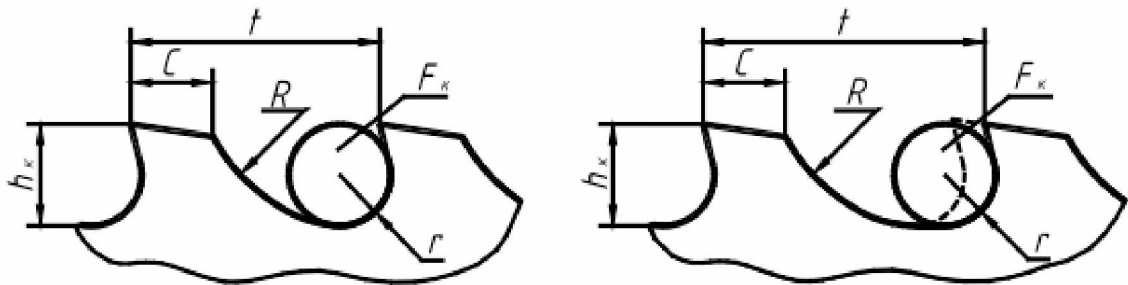


Рисунок 4.1 – Форма та основні параметри профілю зубів круглих протяжок

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Завданням даного дослідження є виявлення найбільш небезпечних вогнищ напруги, що виникають при роботі перших одночасно працюючих зубів протяжки, рішенням якої буде служити аналіз статичного навантаження зубів протяжки (іншими словами, цією операцією буде відтворено процес різання - зняття припуску першими зубами протяжки, що знаходяться одночасно в роботі). Також результати проведеного дослідження допоможуть зробити висновок про придатність виготовлення та використання спроектованого інструменту. Для цього дослідження використовувалася спроектована протяжка, ріжуча частина якої, виконана з швидкорізальної сталі Р6М5, а приварений хвостовик - зі сталі 40Х.

Для вирішення даної задачі використовувався пакет програм САПР Solid Works [5,6], який призначений для проектування деталей та складання в дво- та тривимірному просторі, а також таким додатком, що входить в даний пакет програм, як Simulation (система експрес-аналізу міцності) [6].

Для того, щоб виявити джерела напруги, що виникають при навантаженні спроектованого інструменту силою певної величини, необхідно спочатку побудувати 3D-модель спроектованого інструменту у вище зазначеній програмі, а потім, за допомогою програми провести відповідний аналіз.

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.ПІАРІ		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Побудована 3D-модель спроектованого інструменту показана на рисунку 4.2.

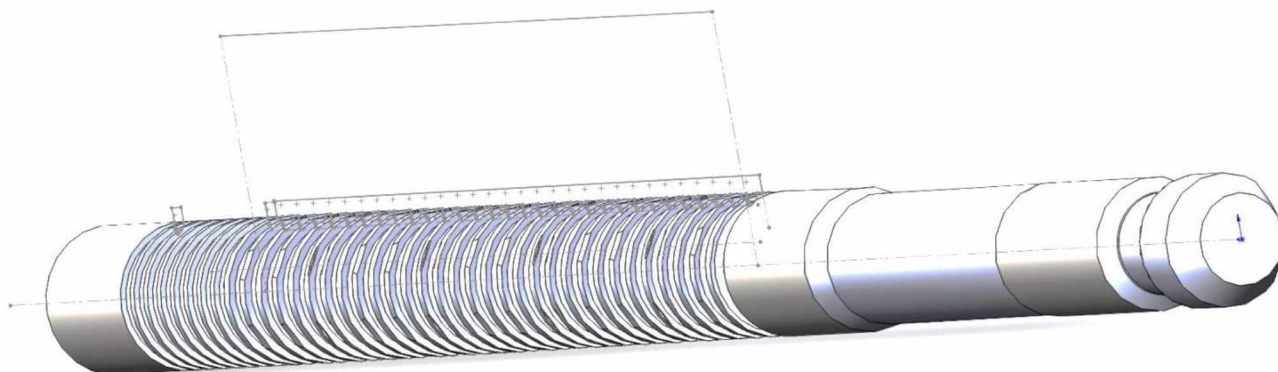


Рисунок 4.2 – 3D-модель інструменту

Далі, використовуючи цю побудовану модель інструменту, проведемо її навантаження силою виявлення вогнищ напруги.

Спочатку, задаємо напрямки сил, що діють на модель, і вводимо обмеження. Розрахункова схема навантаження перших зубів даної протяжки показана на рисунку 4.3.

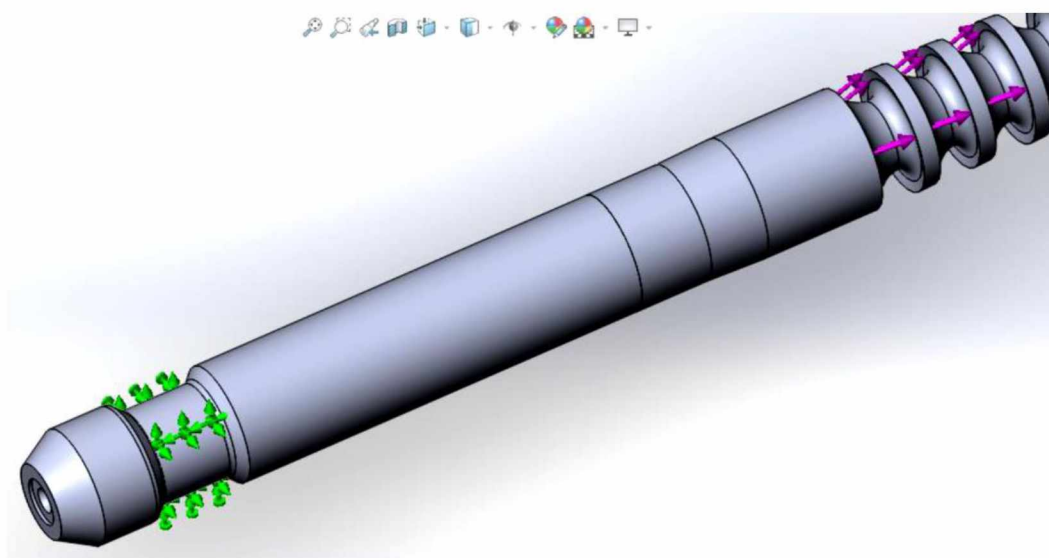


Рисунок 4.3 – Схема навантаження перших одночасно працюючих зубів протяжки

Для цього аналізу було використано «Режим закладення», так як він є найбільш зручним для даних умов навантаження. Бузкові стрілки (рис. 4.3) відображають нормальну силу, що діє на інструмент під впливом сили різання, зелені стрілки – це обмеження, накладені на модель.

Після вибору напрямку сил, що діють на модель у процесі різання, та накладення на неї обмежень вводимо загальне значення діючих сил:
 $P_{\max} = 220900 \text{ Н}$

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Далі створюємо сітку на 3D-моделі (твердому тілі). При створенні цієї сітки можна задавати її точність, яка визначається технічними можливостями обладнання, що використовується. У програмі використовується метод тріангуляції кінцевих елементів.



Рисунок 4.4 – Сітка на 3D-моделі інструменту та її параметри

Далі щодо розрахунку задаємо матеріал досліджуваного інструмента.

Потім, після проведення всіх вище перерахованих операцій, запускаємо дослідження за допомогою вище зазначеного додатка, яке буде відповідати нашим введеним параметрам, і отримуємо результат - розрахунок зі створенням епюр навантажень за трьома основними критеріями аналізу (напруга, переміщення, деформація – рис.4.5-4.7).

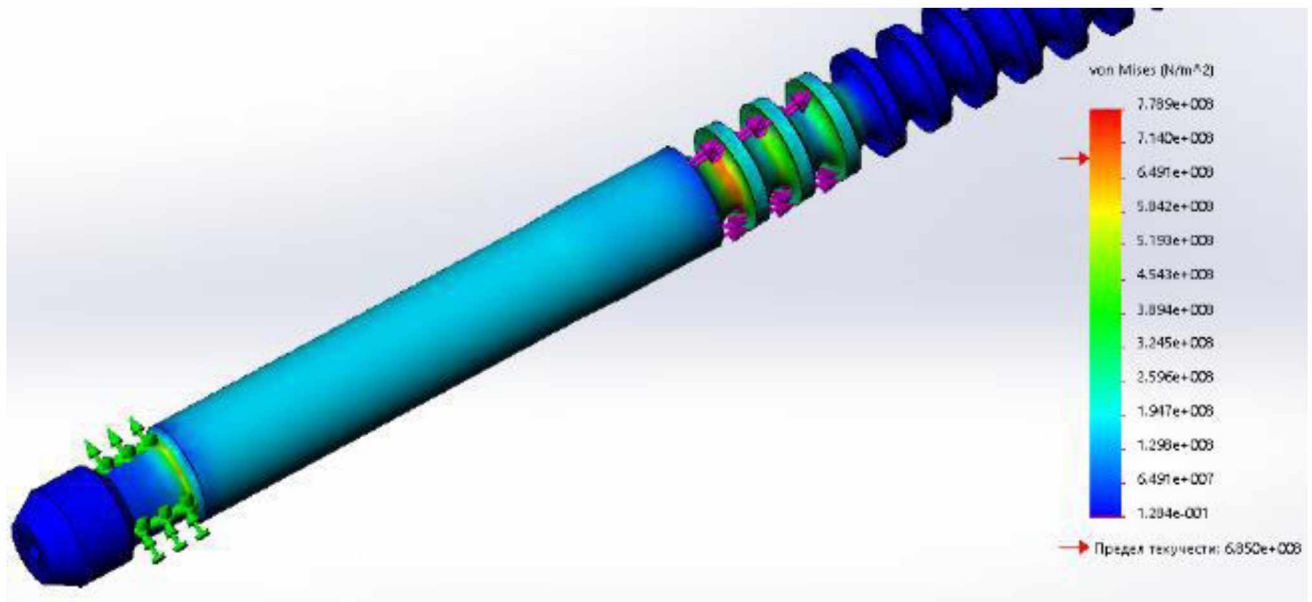


Рисунок 4.5 – Епюра напруг

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док-м.	Підпис	Дата		

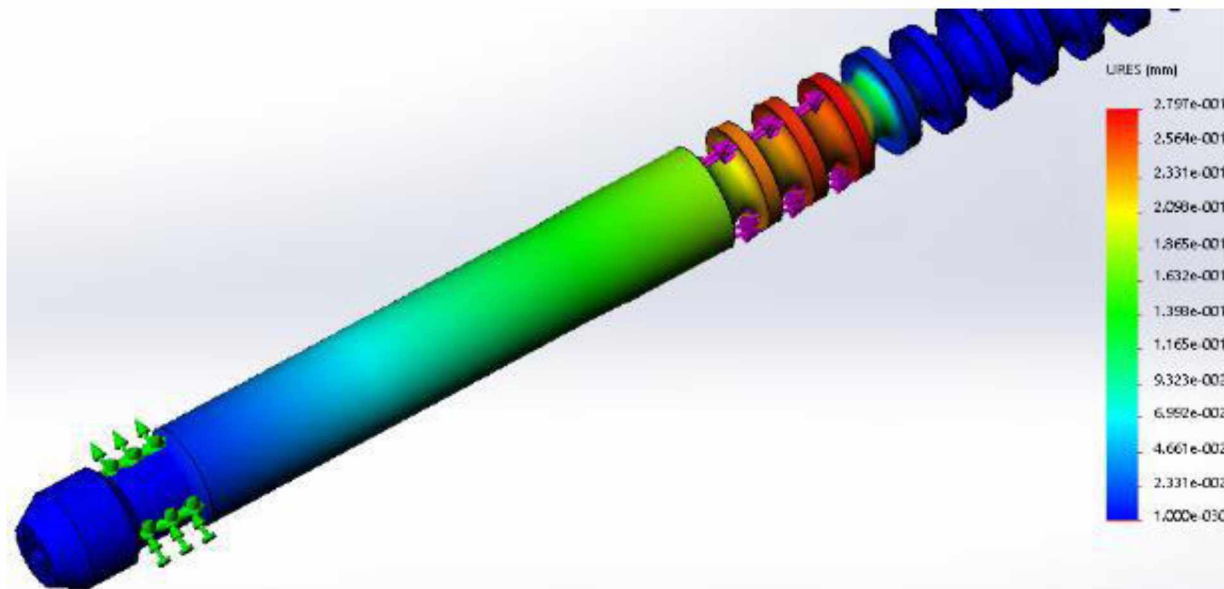


Рисунок 4.5 – Епюра переміщень

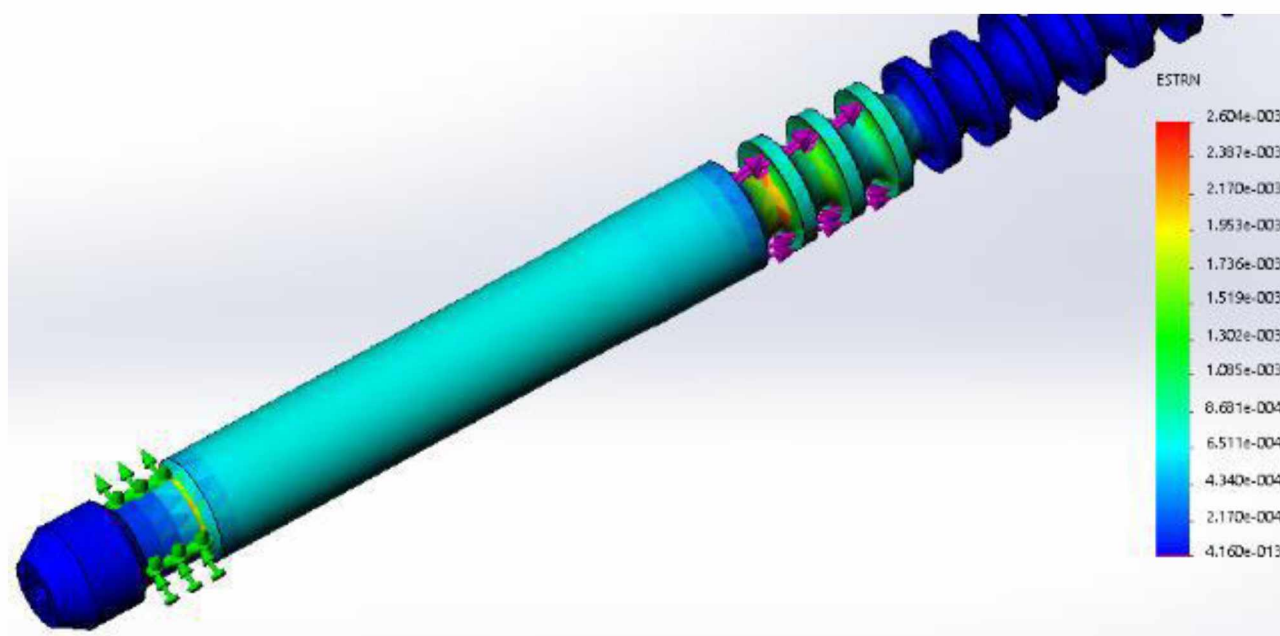


Рисунок 4.6 – Епюра деформацій

На епюрах найбільш напружені, деформовані та ділянки з найбільшим переміщенням позначені червоним кольором, а найменш – синім.

Висновки:

1. Найбільш небезпечними вогнищами напруги, що виникають при роботі перших одночасно працюючих зубів даної спроектованої протяжки, є місця з найменшими діаметрами - шийка на передньому хвостовику та западини канавок між зубами;

2. Виходячи з результатів проведеного розрахунку, спроектована протяжка зазнала допустимих для її нормальної роботи навантаження, отже, вона придатна для виготовлення та використання.

					КНУ.КБР.131.25.1-15.04.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 було розроблено керуючу програму та змодельовано повний технологічний процес за допомогою програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Обробка здійснюється на багатофункціональному токарно-фрезерному центрі DOOSAN PUMA SMX 2600, детальні технічні характеристики якого наведено в розділі 2.

Керування верстатом забезпечується системою числового програмного керування Fanuc 31i-A (див. табл. 5.1). Fanuc Series 31i-A – одна з найпоширеніших високопродуктивних систем керування, що застосовується на сучасних верстатах.

Таблиця 5.1 – Технічні характеристики системи ЧПК Fanuc 31i-A

Параметр	Значення
Тип системи	Мультиканальна ЧПК (Multi-path CNC)
Макс. кількість керованих осей	До 24 (у деяких конфігураціях – до 32)
Кількість одночасно інтерполюваних осей	До 5 осей
Кількість каналів керування	До 4 незалежних каналів
Пам'ять програми (RAM)	Стандартно від 512 КБ до 2 МБ (розширюється)
Максимальна довжина програми	До 4 ГБ з використанням CF/PC-карт
Мова програмування	ISO-код (G-коди), макропрограмування
Тип інтерполяції	Лінійна, кругова, гвинтова, багатокоординатна
Частота оновлення шини	1 мс (HRV Control)
Точність інтерполяції	До 0,001 мм або краща
Інтерфейси зв'язку	Ethernet, USB, серійний порт, PCMCIA

Особливості Fanuc 31i-A:

Дозволяє керувати кількома незалежними шпинделями та інструментальними осями одночасно. Підтримка HRV Control (High Response Vector Control) — швидке та плавне переміщення, зменшення вібрацій. Nano CNC Technology — нанометрова точність позиціонування. Підходить для обробки складних поверхонь у 3D. Можливість використання Look-Ahead (передбачувального планування траєкторії) для високошвидкісного фрезерування. Робота з роботизованими маніпуляторами (через EtherNet/IP, PROFIBUS, PROFINET).

					КНУ.КБР.131.25.1-15.05.МПОМО				
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата					
Розроб.		Михайленко			Моделювання та програмування операцій механічної обробки		Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Нечаєв							
Реценз.									
Н. контр.		Нечаєв							
Зав. каф.		Рязанцев							
					Каф. ТМ, гр. ПМ-21				

Переваги системи числового програмного керування Fanuc 31i-A:

- можливість модернізації (оновлення ПЗ, розширення пам'яті);
- величезна кількість функцій керування;
- підтримка складних обробних центрів;
- висока надійність і довговічність.

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

У процесі створення керуючої програми для обробки деталі типу «Кільце» було проведено моделювання всіх етапів технологічного процесу в середовищі автоматизованого програмування FeatureCAM. З урахуванням технічних параметрів верстата PUMA SMX 2600 та характеристик металорізального інструменту, наведених у розділі 3, сформовано оптимальну послідовність операцій і виконано перевірку технологічних рішень на відповідність вимогам до точності та ефективності обробки.

На рисунках 5.1–5.6 представлено поетапну симуляцію обробки деталі «Кільце» та результати моделювання, які підтверджують правильність обраної технологічної маршрутизації.

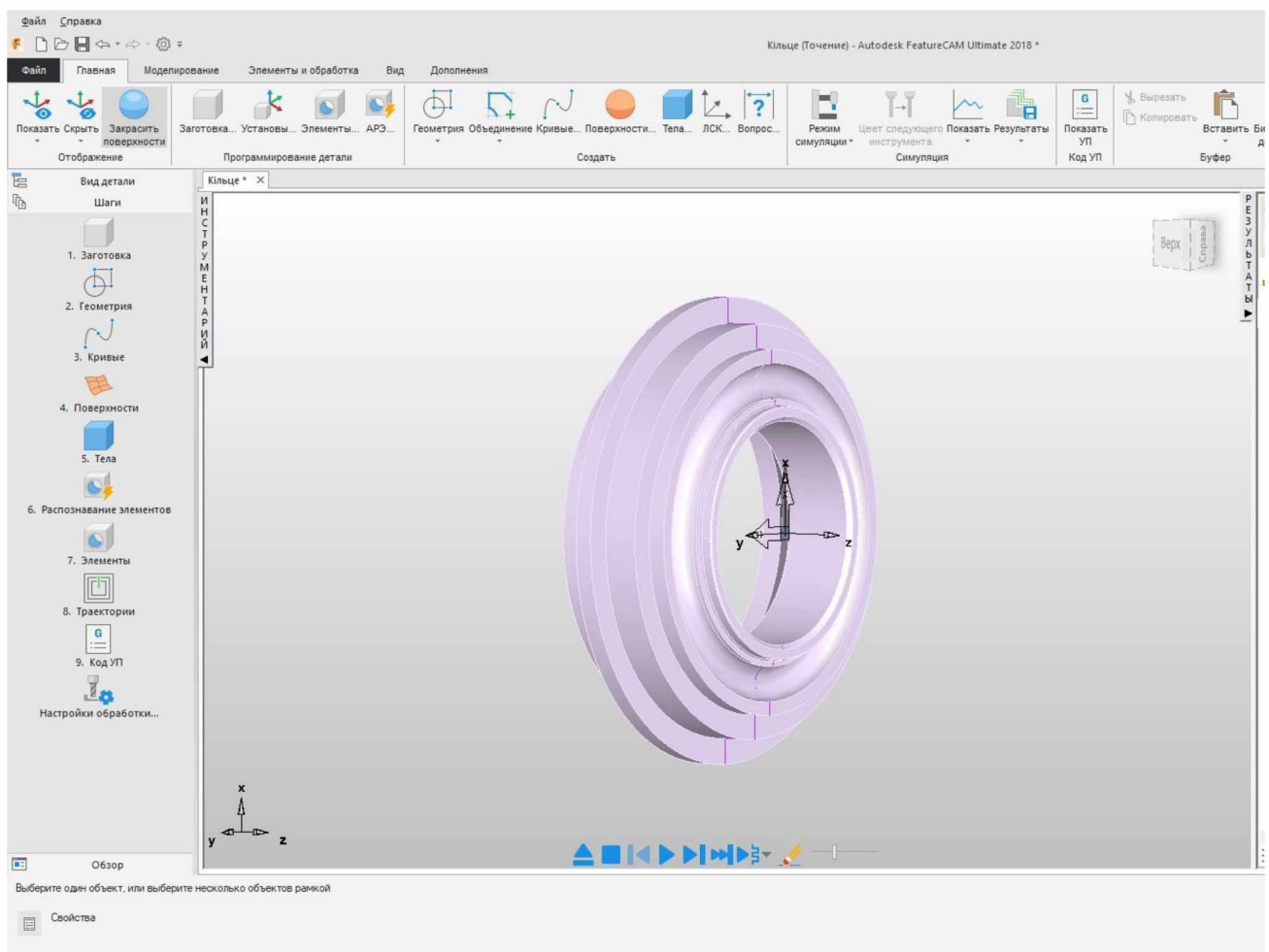


Рисунок 5.1 – Об'ємна модель деталі «Кільце» у вікні FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-15.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

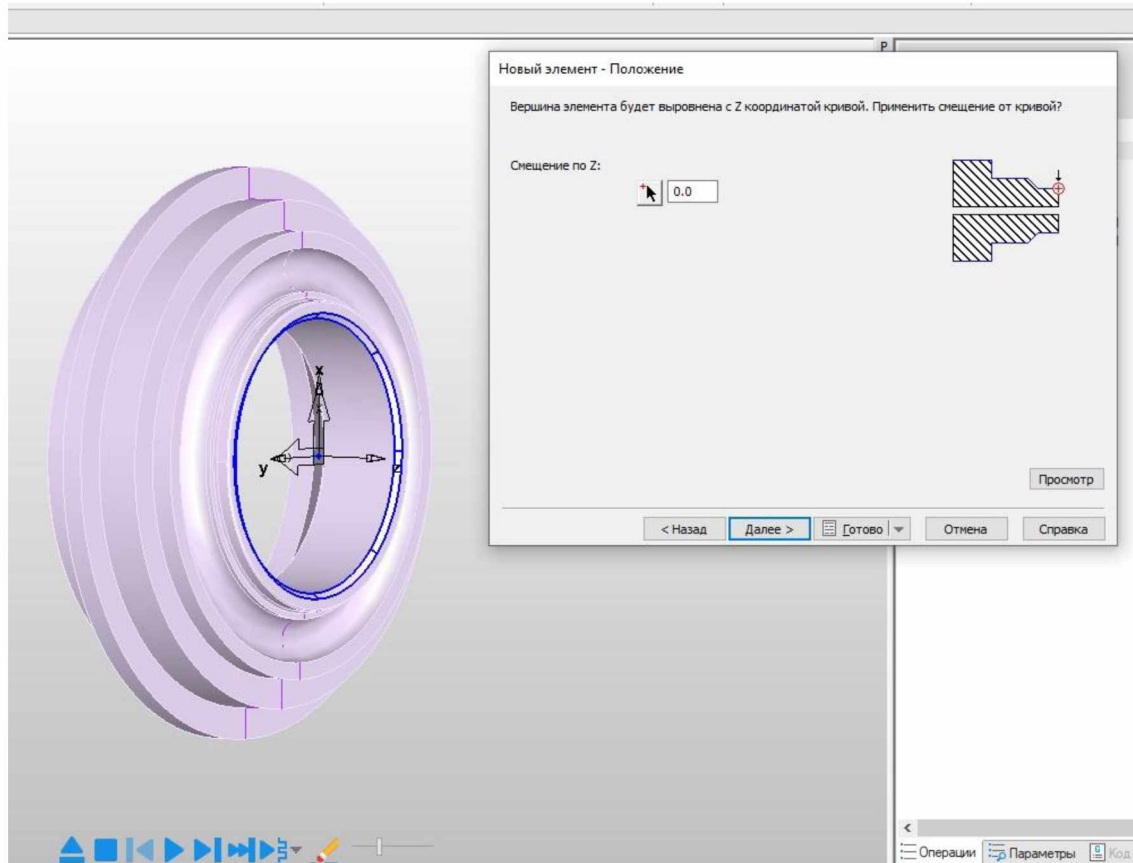


Рисунок 5.2 – Розпізнавання елементів деталі у FeatureCAM

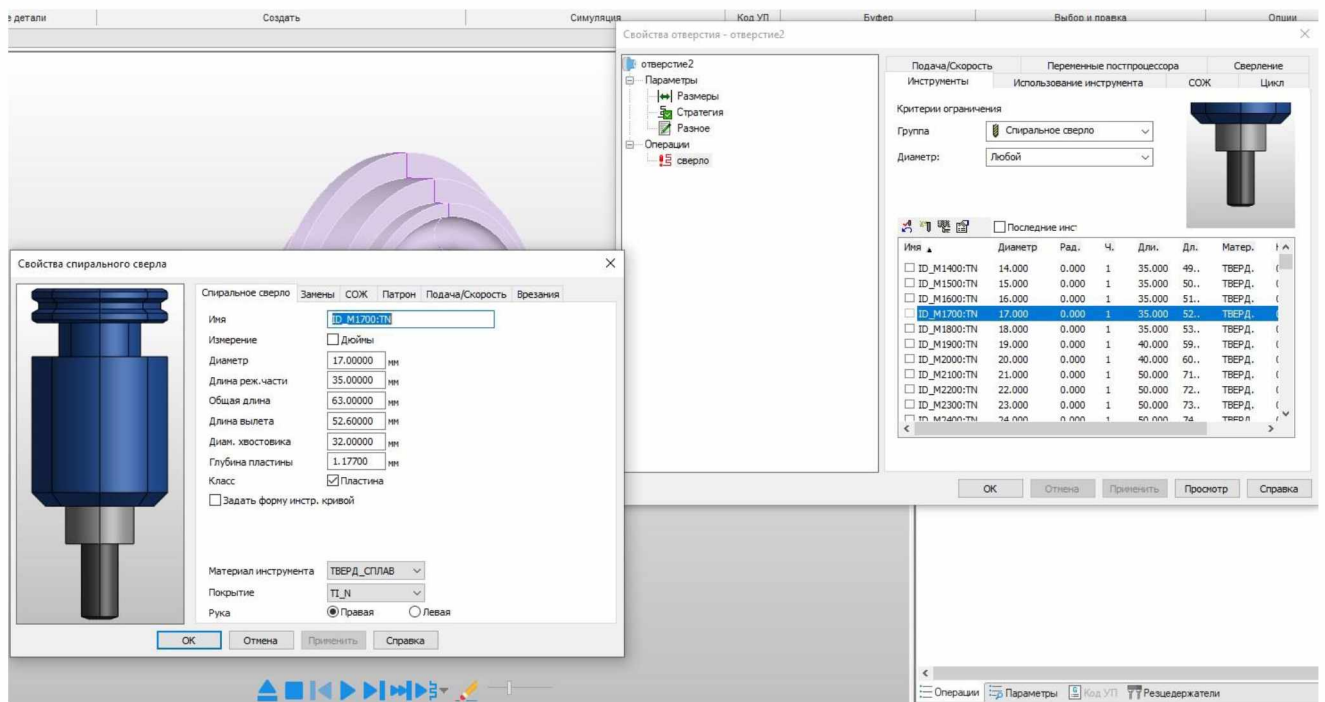


Рисунок 5.3 – Підбір різального інструменту (свердло) у FeatureCAM

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-15.05.МПОМО

Арк.

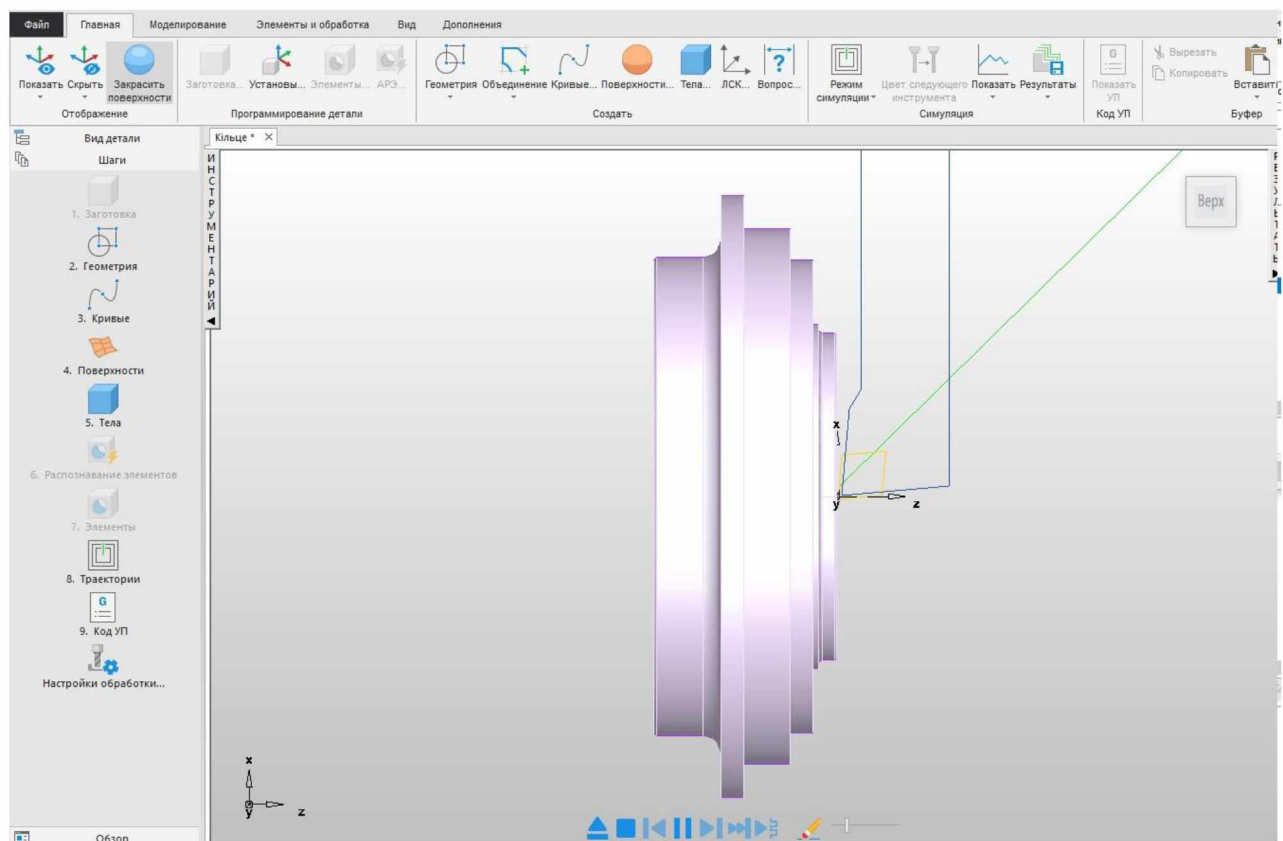


Рисунок 5.4 – Симуляція токарної обробки у FeatureCAM

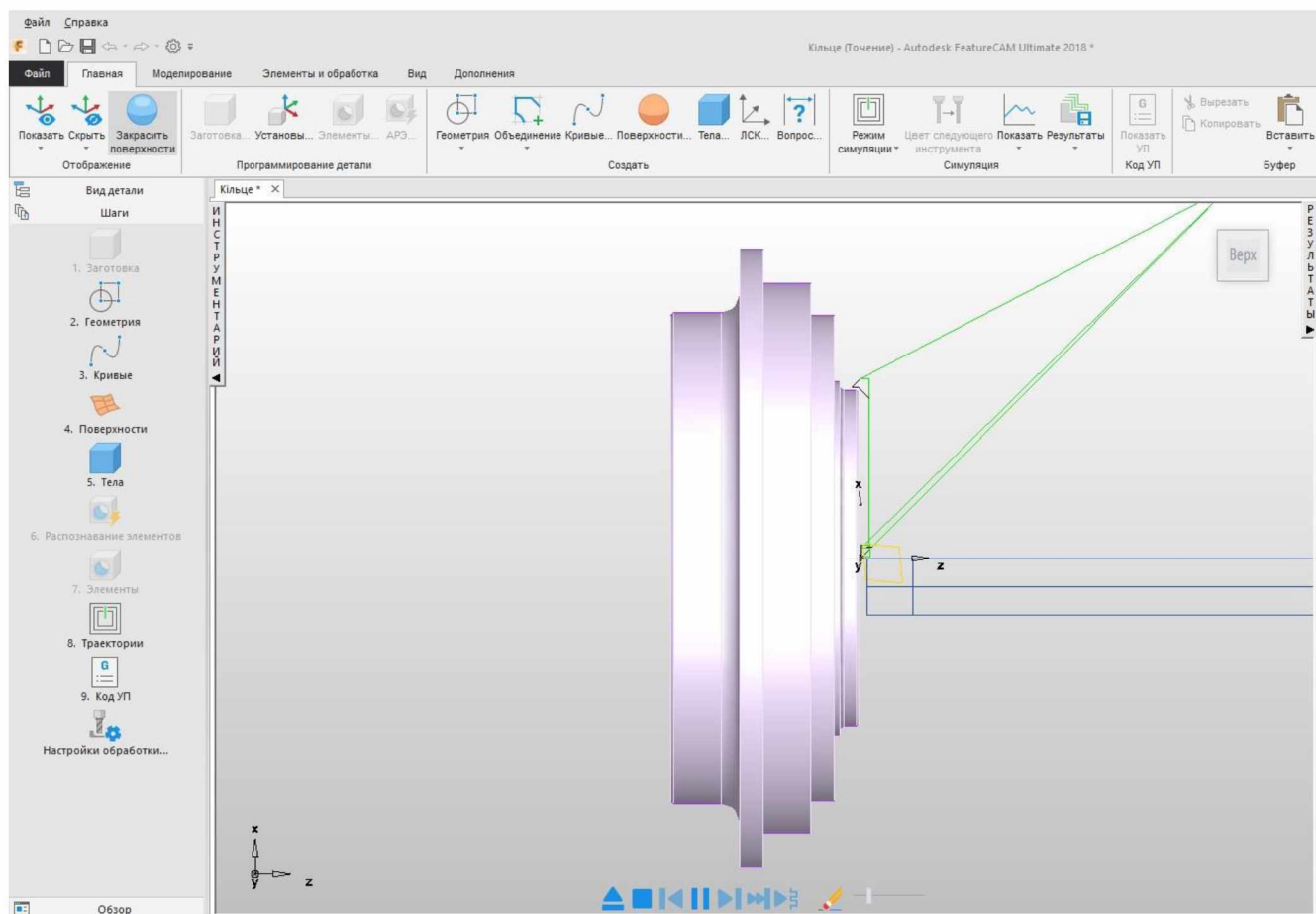


Рисунок 5.5 – Симуляція розточної операції у FeatureCAM

					КНУ.КБР.131.25.1-15.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

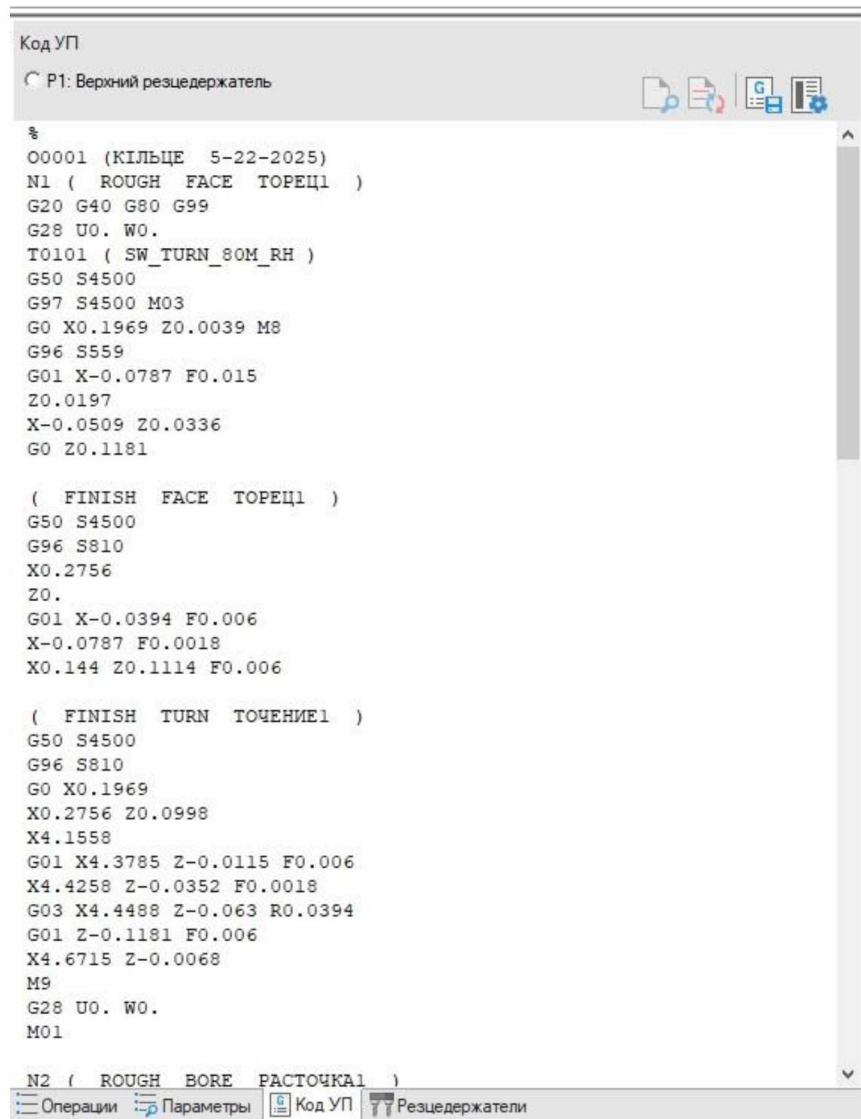


Рисунок 5.6 – Керуюча програма для обробки деталі «Кільце»

					КНУ.КБР.131.25.1-15.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведено економічний аналіз і визначено собівартість виготовлення деталі «Кільце» за двома альтернативними варіантами технологічної обробки. Оцінено ефективність модернізації виробничого процесу шляхом заміни технічно та морально застарілого обладнання (верстати моделей 1A64, 2P135) на сучасний токарно-фрезерний обробний центр DOOSAN PUMA SMX 2600.

Результати економічного обґрунтування та розрахунку строку окупності інвестиційного проєкту наведено в таблицях 6.1–6.4:

Таблиця 6.1 містить вихідні дані для проведення економічних розрахунків.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунків

Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1A64	2P135	PUMA SMX 2600
<i>Деталь</i>			
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	2000		2000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	20		20
Тривалість випуску деталей Z , рік	3		3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	38	8	17
Час наладки верстата, хв.	16	4	18
Розряд:			
	контролера		5
	верстатника		3
	наладчика		3
наладчика інструменту			4
			4
Кількість кадрів програми, шт.			200
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	995		995
Вартість комплекту спец. пристосувань $K_{пр}$, грн	60000	50000	60000

					КНУ.КБР.131.25.1-15.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			
Розроб.	Михайленко				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.	1,5	0,5	1
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	120
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_t	0,083	0,083	0,083
Вартість одного кадру ПК, грн.			8,9
Вартість розробки ПК $K_{пк}$, грн.			1780
Середньочасова зарплатня робітника, грн:			
верстатника $H_{ст}$	130	130	130
наладчика $H_{нал}$	135	130	135
наладчика інструмента $H_{ін}$	120	120	120
контролера H_k	115		115
Верстати			
Клас точності верстата	Н	Н	А
Маса верстата, т	11,4	4,2	1,5
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,825 x 2	2,56 x 2,26	3,36 x 1,73
Габарити пристрою ЧПК, м			0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК			Fanuc 31i-A
Строк служби верстата до капітального ремонту $T_{рп}$, років	7	7	15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	31
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:			
механічної частини R_m	27,7	15	23,5
електротехнічної частини R_e	14	9,8	18,6

					КНУ.КБР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

Кількість верстатів, що обслуговує один	1	1	2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	295000	285000	2945000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,4	0,1	0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	11,7	5,8	5,8
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.			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	0	1950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	4
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Ф _{об} , год	3975	3975	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.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 6.2 подає допоміжні показники, використані в обчисленнях. Таблиця 6.3 демонструє собівартість річного обсягу виробництва деталей та обсяг необхідних капіталовкладень. Таблиця 6.4 узагальнює загальні витрати, очікуваний річний економічний ефект та строк окупності проєкту.

Таблиця 6.2 – Розрахунок допоміжних показників

Дані	Базовий варіант		Новий варіант
	1A64	2P135	PUMA SMX 2600
Трудомісткість обробки $T_{шт}$, год	400	266,6667	1000
Час наладки верстата впродовж року T_n , год	5,333333	1,333333	6
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{н.ін}$, год	0,00	3,081481	15,00
Час контролю деталей впродовж року T_k , год	33,2	22,13333	83
Кількість верстатників $P_{ст}$, чол. (розрах.)	0,22	0,14	0,27
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів P_n , чол. (розрахункова)	0,0029	0,0007	0,0032
(дійсна)	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $P_{н.ін}$, чол. (розрахункова)	0,0000	0,001657	0,00806
(дійсна)	0	1	1
Кількість контролерів P_k , чол. (розрах.)	0,02	0,012	0,04
(дійсна)	1		1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,13
(дійсна)	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	6		5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,18	0,6742	0,27

					КНУ.КБР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	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											
										$C_1 \text{ на деталь} = 122,81$ $C_2 \text{ на деталь} = 107,59$	
I_3	I_n	I_{in}	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k
$C_1 = 142534 + 1404,75 + 369,78 + 0,00 + 41066,7 + 0 + 2336,40 + 2703,35 + 42000 + 6839,7 + 0 + 6363,33 = 245618,08$											
$C_2 = 108038 + 1273,71 + 234,00 + 593,33 + 22400 + 0 + 30904,83 + 3024,00 + 35000 + 3636,9 + 524,76 + 9545,00 = 215174,29$											
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	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$						
$K_1 = 269776 + 7509 + 42000 + 270719 + 110000 + 0 = 700004$											
$K_2 = 583110 + 2178 + 28000 + 113270 + 60000 + 1780 = 788337,71$											

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

Приведені витрати			
$Z_1 = C_1 + E_n \cdot K_1$			
350619	245618	0,15	700004
$Z_2 = C_2 + E_n \cdot K_2$			
333425	215174	0,15	788338

Річний економічний ефект		
$E = Z_1 - Z_2$		
17194	350619	333425

Строк окупності			
$T_{ок} = (K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$			
2,90	788338	700004	245618 215174,3

					КНУ.КБР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За результатами аналізу встановлено, що впровадження нового обладнання дозволяє суттєво скоротити час обробки деталей. Модернізація виробництва є економічно доцільною: строк окупності інвестицій складає 2,9 року, а прогнозований річний економічний ефект становить 17194 грн.

6.2 Екологія виробництва та охорона праці на машинобудівному підприємстві м. Кривий Ріг

Машинобудівна галузь – одна з базових в економіці України, і м. Кривий Ріг є важливим промисловим центром, де машинобудування займає провідне місце поряд із гірничо-металургійною промисловістю. Підприємства цієї галузі відіграють ключову роль у забезпеченні потреб внутрішнього ринку в техніці, механізмах і обладнанні. Однак індустріальна діяльність, незважаючи на економічні переваги, має і зворотній бік – екологічні ризики та небезпеки для здоров'я працівників.

У сучасних умовах, коли Україна впроваджує європейські екологічні стандарти, питання екології виробництва й охорони праці виходять на перший план. Це вимагає переосмислення підходів до організації виробництва, застосування новітніх технологій та інвестування в безпеку персоналу. Актуальність теми обумовлена необхідністю забезпечення сталого розвитку, зниження шкідливого впливу на довкілля та підвищення рівня життя працівників.

6.2.1 Екологічна ситуація в регіоні та вплив машинобудування

Кривий Ріг є одним з найбільш екологічно навантажених міст України. За даними екомоніторингу, понад 30% загального забруднення пов'язано з промисловими підприємствами, включаючи машинобудівний сектор. Зокрема, викиди пилу, важких металів (цинк, свинець, кадмій) та оксидів азоту мають значний негативний вплив на атмосферу, ґрунти і водні ресурси регіону.

Машинобудівні підприємства, наприклад, ПрАТ «Криворіжмаш», використовують складні технологічні процеси, які супроводжуються:

- забрудненням атмосферного повітря (зварювання, фарбування, обробка металів);
- утворенням токсичних відходів (мастила, фарби, шлами);
- підвищенням енергоспоживання та водозабором;
- акустичним забрудненням через роботу важкої техніки.

Проблема загострюється через застаріле обладнання та низький рівень впровадження екологічних технологій на багатьох підприємствах.

6.2.2 Екологічне управління на підприємствах

Позитивним є те, що деякі підприємства Кривого Рогу вже розпочали впровадження систем екологічного менеджменту (відповідно до стандартів ISO 14001). Вони включають:

- модернізацію вентиляційних і фільтраційних систем;
- вторинну переробку відходів;
- моніторинг шкідливих речовин у викидах;

					КНУ.КБР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- оптимізацію виробничих процесів для зниження втрат енергії.

Також підприємства подають звітність до Державної екологічної інспекції, що сприяє прозорості й контролю за станом довкілля.

6.2.3 Охорона праці: принципи, проблеми, практика

На машинобудівному виробництві охорона праці охоплює широкий спектр заходів:

Технічна безпека: установка захисних екранів, систем аварійного відключення, обмеження доступу до небезпечних зон.

Гігієна праці: регулярне вимірювання шуму, температури, рівня освітлення, вентиляції.

Навчання персоналу: проведення вступного та періодичного інструктажу, навчання з надання першої медичної допомоги.

Профілактика травматизму: контроль за дотриманням правил техніки безпеки, носіння ЗІЗ.

За даними Держпраці, у 2023 році в Кривому Розі було зафіксовано понад 40 нещасних випадків на виробництві, значна частина яких сталася через людський фактор або технічну несправність обладнання. Це свідчить про необхідність подальшого удосконалення системи охорони праці.

Екологія виробництва та охорона праці в машинобудівному секторі Кривого Рогу є критично важливими аспектами забезпечення сталого розвитку регіону. Аналіз показує, що хоча окремі підприємства роблять кроки в напрямку екологізації та безпеки, загальна ситуація потребує системного підходу та модернізації галузі.

Необхідно:

- активізувати впровадження інноваційних, енергоефективних технологій;
- посилити державний екологічний та технічний контроль;
- забезпечити належне фінансування заходів з охорони праці;
- проводити просвітницьку роботу серед працівників щодо важливості дотримання екологічних норм та правил безпеки.

Тільки завдяки поєднанню державної політики, відповідального бізнесу та активної участі громадськості можна досягти позитивних змін в екологічному та соціальному становищі машинобудівної галузі Кривого Рогу.

					КНУ.КБР.131.25.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У бакалаврській кваліфікаційній роботі виконано комплексне дослідження, присвячене розробці спеціального різального інструменту для обробки поверхонь деталі «Кільце» та інженерному аналізу його конструкції із застосуванням сучасних CAE-систем.

Аналіз вихідних даних дозволив встановити, що деталь «Кільце опорне нижнє» є критично важливою складовою частиною трубчастої центрифуги GF, що використовується у складних умовах експлуатації. На основі геометричних та функціональних характеристик деталі було обґрунтовано вибір посадок з зазором для забезпечення надійності з'єднань.

У другому розділі визначено службове призначення деталі та проаналізовано вимоги до якості оброблених поверхонь. Розроблено ефективний технологічний процес її виготовлення з використанням сучасного токарного обробного центру DOOSAN серії PUMA SMX 2600 з ЧПК, що гарантує високу точність та стабільність обробки.

У третьому розділі проведено обґрунтований вибір типу різального інструменту (на прикладі інструменту Seco), параметрів його ріжучої частини та типорозмірів допоміжного інструменту. Виконано інженерні розрахунки на міцність конструктивних елементів інструменту, що забезпечило відповідність вимогам надійності при експлуатації.

У четвертому розділі спроектовано спеціальний різальний інструмент – протяжку, розраховану під специфіку обробки деталі «Кільце». За допомогою SolidWorks Simulation проведено інженерний аналіз напружень, переміщень та деформацій, що дозволило оптимізувати конструкцію інструменту для досягнення високої ефективності та ресурсу роботи.

П'ятий розділ присвячено моделюванню та програмуванню процесів токарної обробки деталі в середовищі Autodesk FeatureCAM. Сформовано керуючу програму для обробки на обраному верстаті DOOSAN, що забезпечує точну реалізацію технологічного процесу в умовах серійного виробництва.

У шостому розділі проведено оцінку техніко-економічної ефективності впровадження запропонованої технології. Розрахунки показали, що термін окупності становить 2,9 роки, а очікуваний економічний ефект — 17194 грн, що підтверджує доцільність впровадження розробленого рішення. Також приділено увагу питанням охорони праці та екологічної безпеки виробництва на підприємстві у м. Кривий Ріг.

У підсумку, реалізований підхід до проектування та інженерного аналізу спеціального інструменту із застосуванням сучасних CAD/CAM/CAE систем довів свою ефективність. Результати дослідження можуть бути впроваджені на практиці для підвищення якості обробки складних деталей та економічної ефективності виробництва.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-15.B</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док-м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Михайленко</i>			<i>Висновки</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-21</i>	
<i>Зав. каф.</i>		<i>Рязанцев</i>					

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог інструментів фірми SECO: «Токарна обробка», 2020р.
2. Каталог фірми SECO: «Обробка отворів», 2020р.
3. Каталог фірми SECO: «Кінцеві фрези», 2020р.
4. Електронний каталог «Seco» Tooling 2019р.
5. 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.
6. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
7. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
8. ДСТУ 3.1001:2014 Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
9. ДСТУ 2391-94 Система технологічної документації. Терміни та визначення
10. ДСТУ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
11. ДСТУ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів.
12. 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.
13. 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.
14. 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.
15. ДСТУ 3321-96 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-15.СВД</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Список використаних джерел</i>		
Розроб.		<i>Михайленко</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: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь
деталі «Кільце» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Андрій МИХАЙЛЕНКО

Керівник КБР

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Нормоконтроль

(підпис)

Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

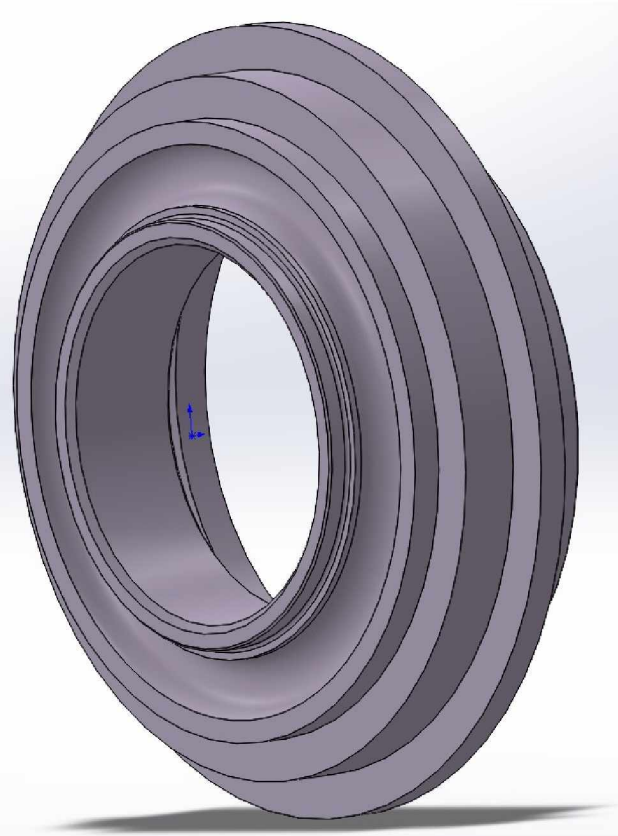
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.

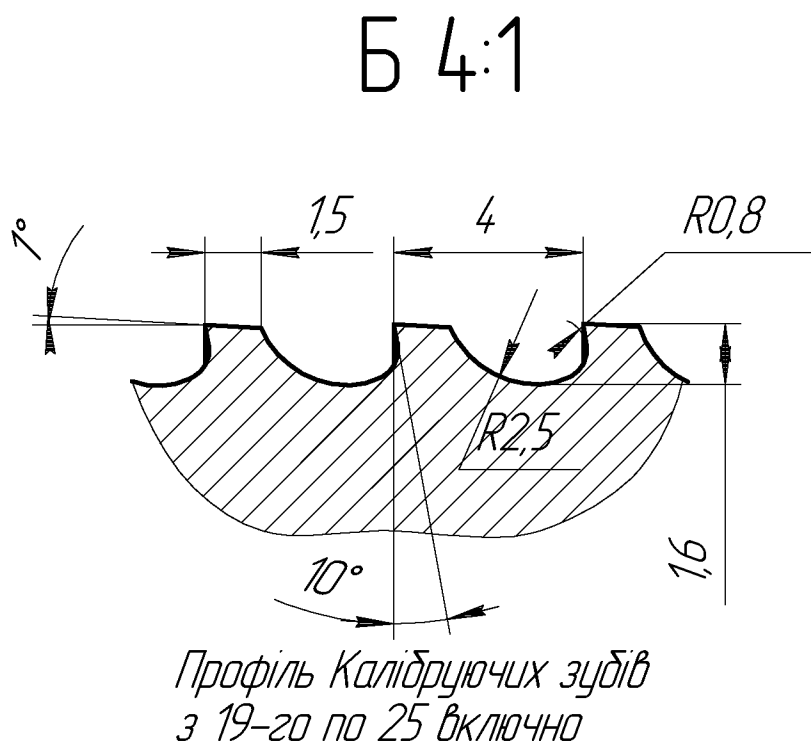
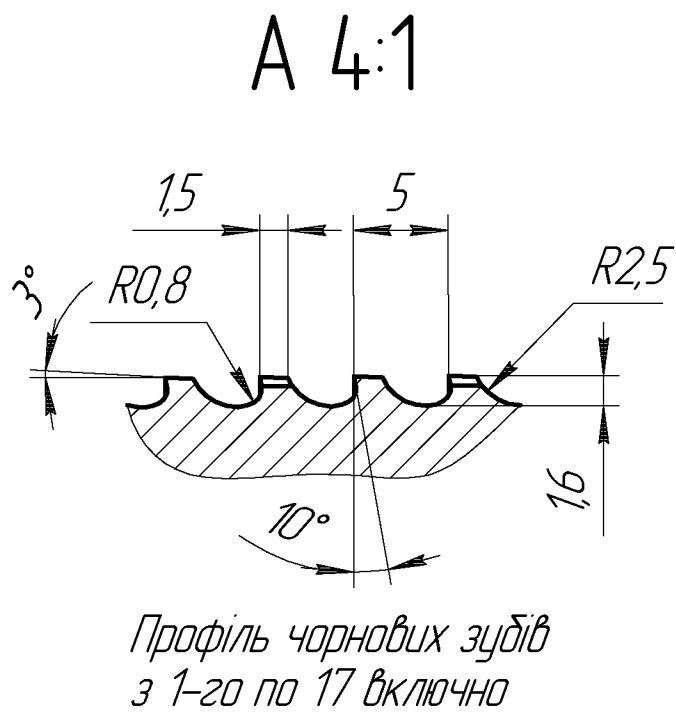
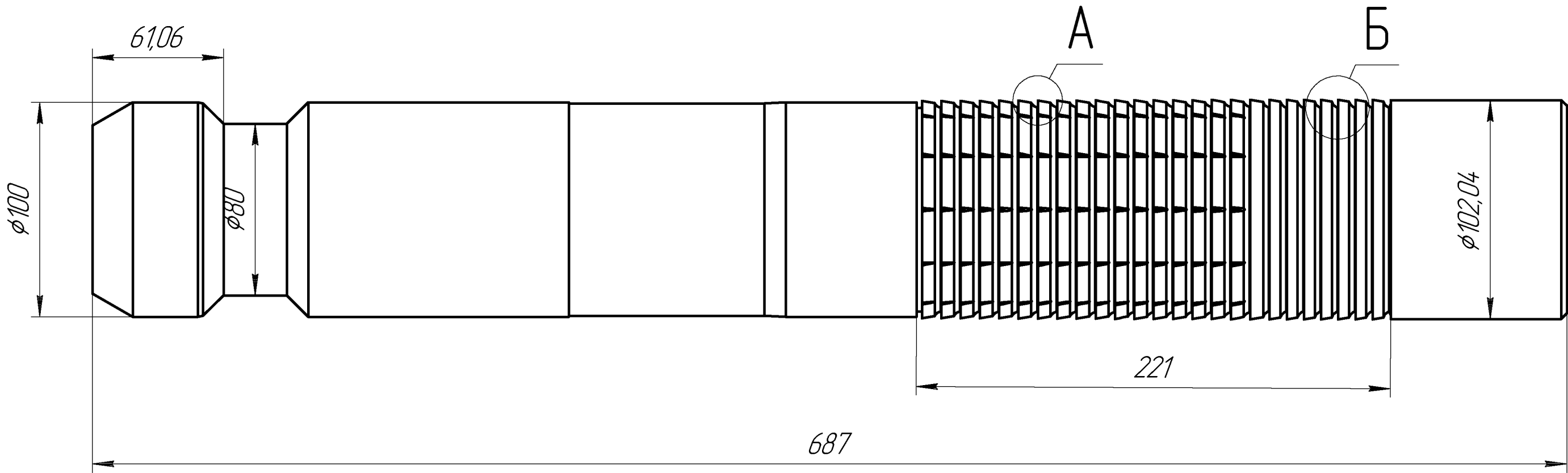
Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Креслення			
	A3		1	КНУ.КБР.131.25.1-15.К	Кільце	1		
	A2		2	КНУ.КБР.131.25.1-15.П	Протяжка	1		
	A3		3	КНУ.КБР.131.25.1-15.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1		
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.1-15.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1		
	A3		5	КНУ.КБР.131.25.1-15.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1		
Подп. и дата								
Взам. инв. №								
Подп. и дата								
Инд. № подл.								
				КНУ.КБР.131.25.1-15.ВЕД				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
Разраб.		Михайленко						
Пров.		Нечаев						
И.контр.		Нечаев						
Утв.		Рязанцев						
Відомість електронних документів КБР						Лит.	Лист	Листов
						Н		1
						Каф. ТМ гр. ПМ-21		

КНУКБР: 131.25.1-15.К



					КНУ.КБР.131.25.1-15.К			
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Кільце	Лім.	Маса	Масштаб
Розробив	Михайленко					Н	5,3	1:1
Керівник	Нечаєв					Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Сталь 45 ДСТУ 7809:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев							

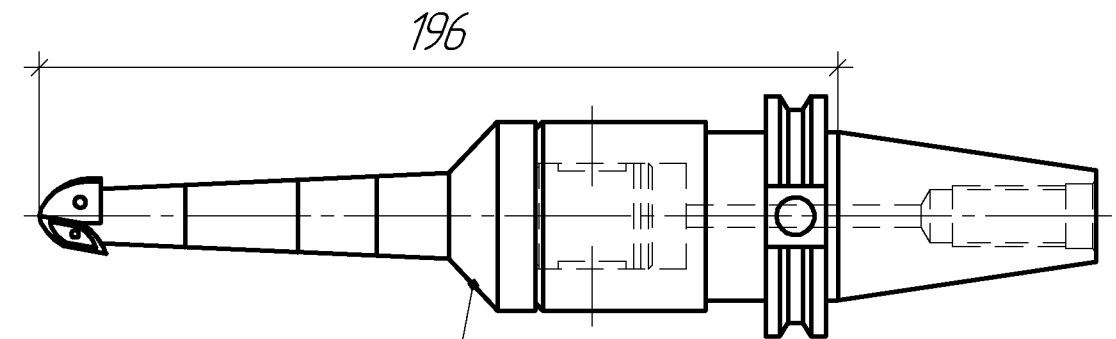
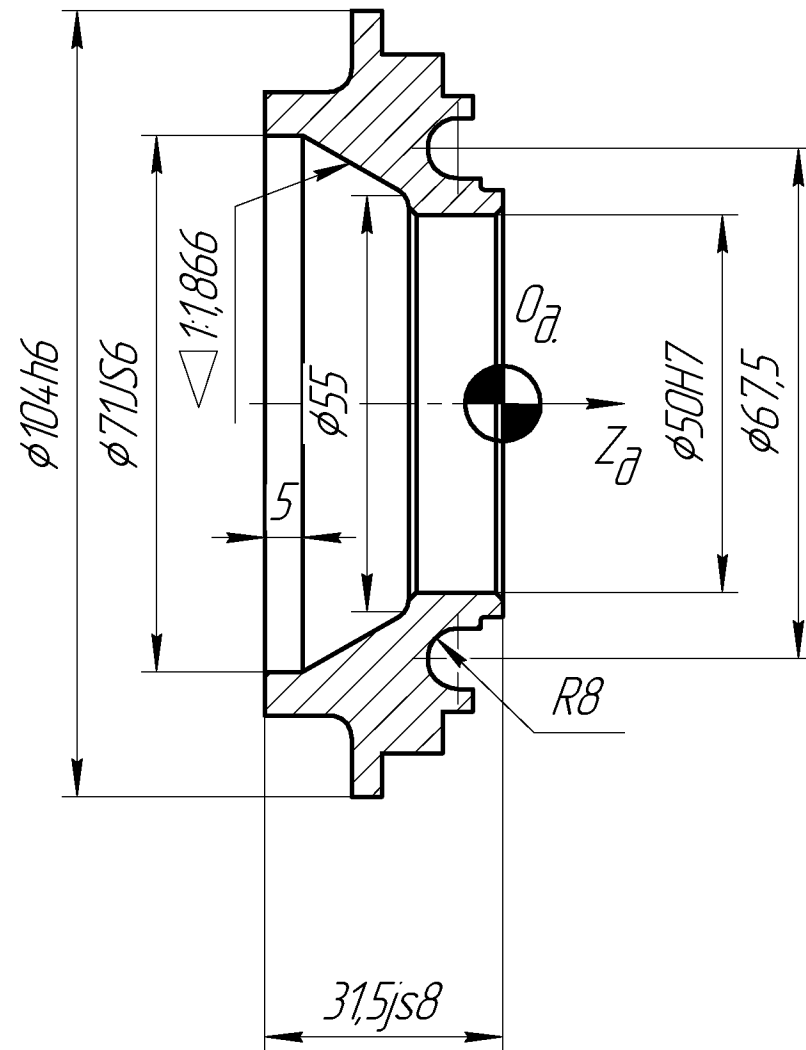
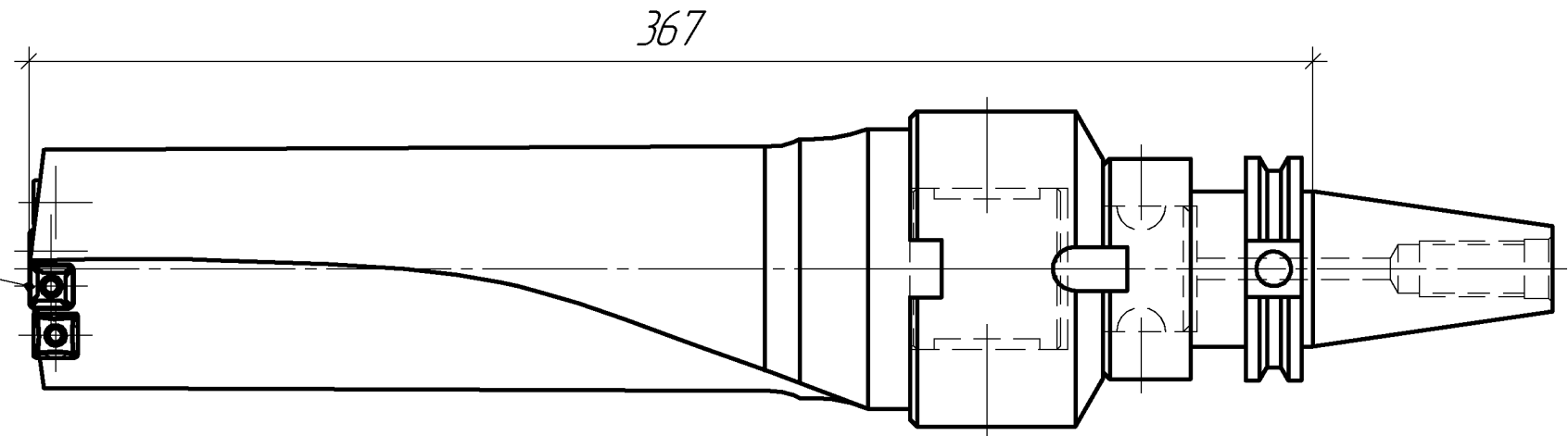
Допуск	-0,01																		0,005	0,005					
Діаметр зуба	99	99,06	99,12	99,18	99,24	99,3	99,36	99,42	99,48	99,54	99,6	99,66	99,72	99,78	99,84	99,9	99,96	100	100	100	100	100	100	100	100
Номер зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25



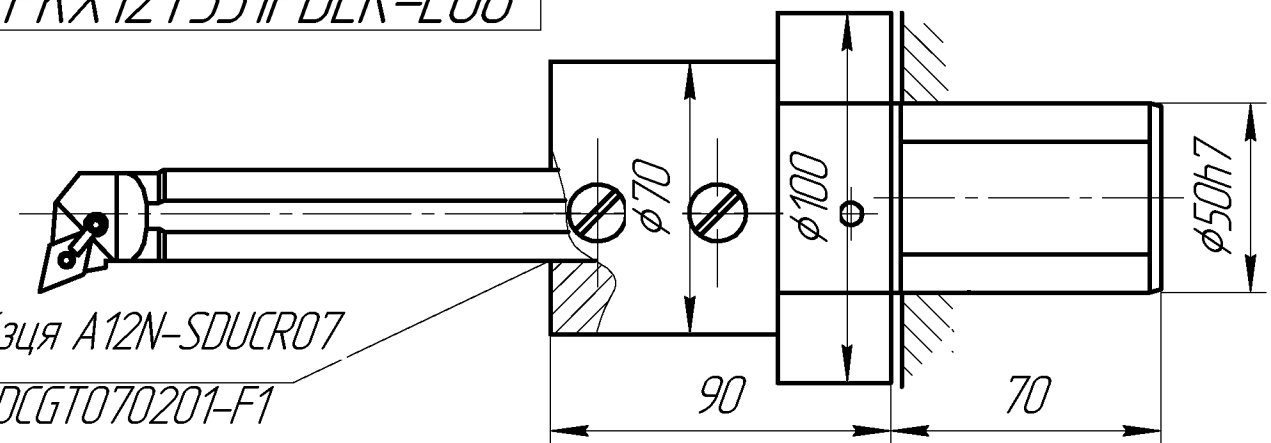
1. Хвостовик виготовлений зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015.
2. Матеріал ріжучої частини: Р6М5 ДСТУ 7304:2018.
3. Центрові отвори виконані по формі В, DIN 332.
4. Невказані граничні відхилення: Н14, н14, $\pm \frac{IT14}{2}$.

КНУКБР.131.25.1-15.17						Протяжка		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Н	Маса	Масштаб
Розробив	Михайленко						0,51	1:1
Керівник	Нечасов					Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечасов					Див. тех. вимоги		
Затв.	Рязанцев					Кафедра ТМ гр. ПМ-21		

Свердло зі змінними
твердосплавними
пластинками Seco
SD542-80-200-80R2



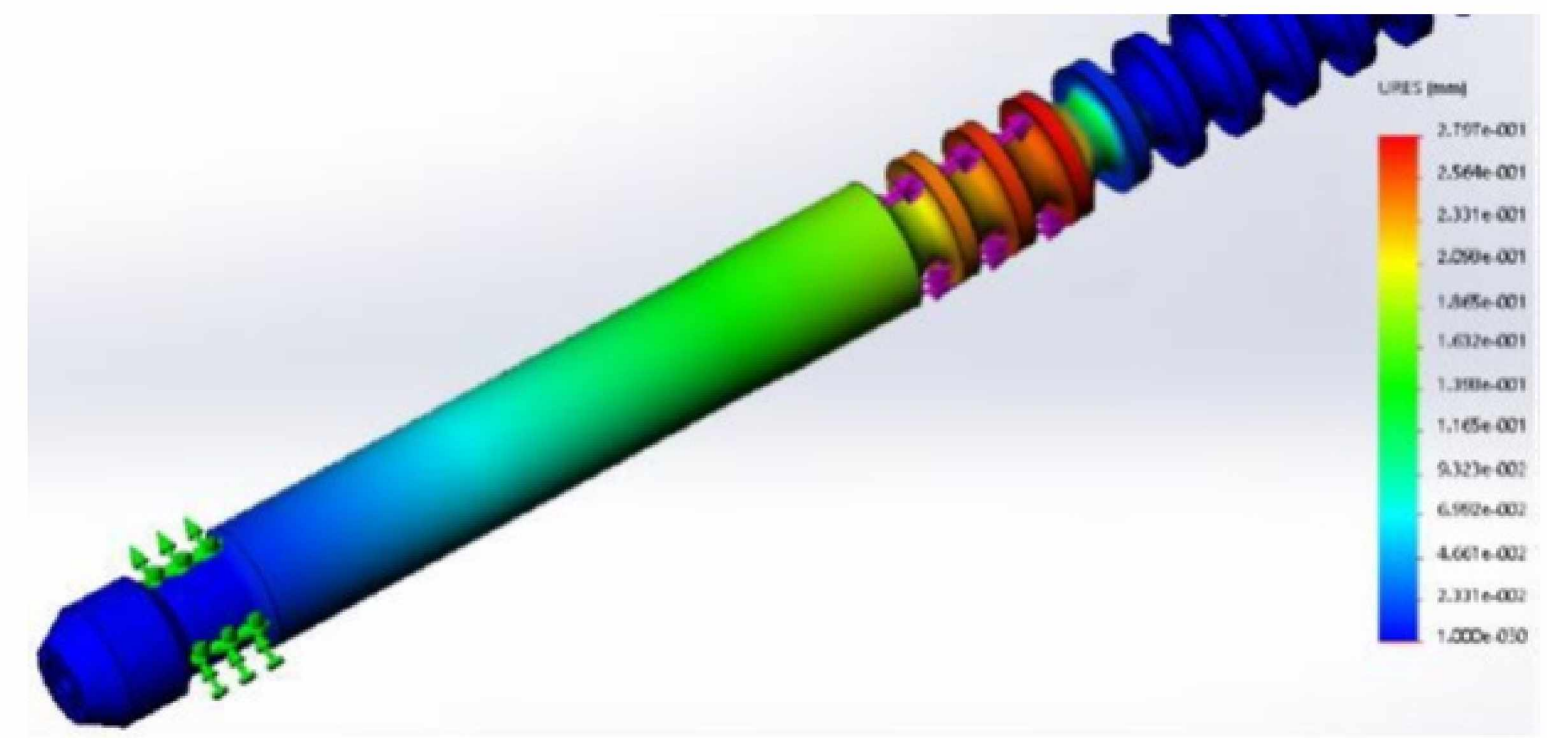
Сферична кінцева фреза
R218.20-1612.0-14.07.0A
Пластинка: XPKX12T331PDER-E08



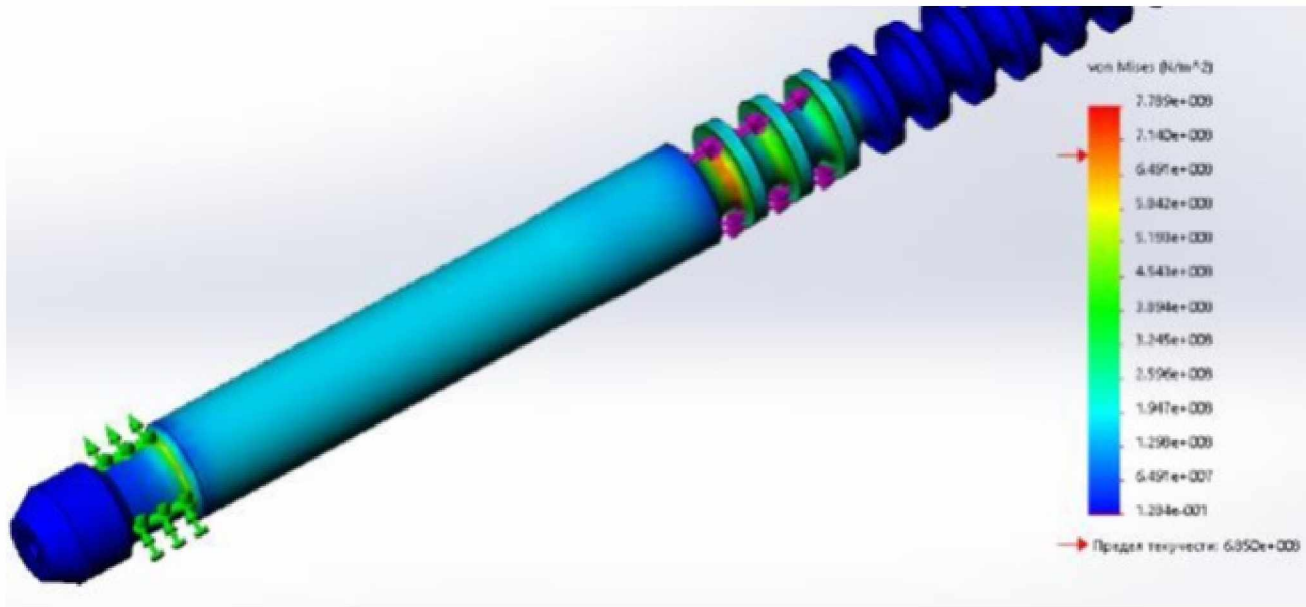
Державка різця A12N-SDUCR07
Пластина DCGT070201-F1

КНУ.КБР.131.25.1-15.ВІН					Верстатно-інструментальне налагодження		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата		Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Михайленко				Н		1:1
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев						

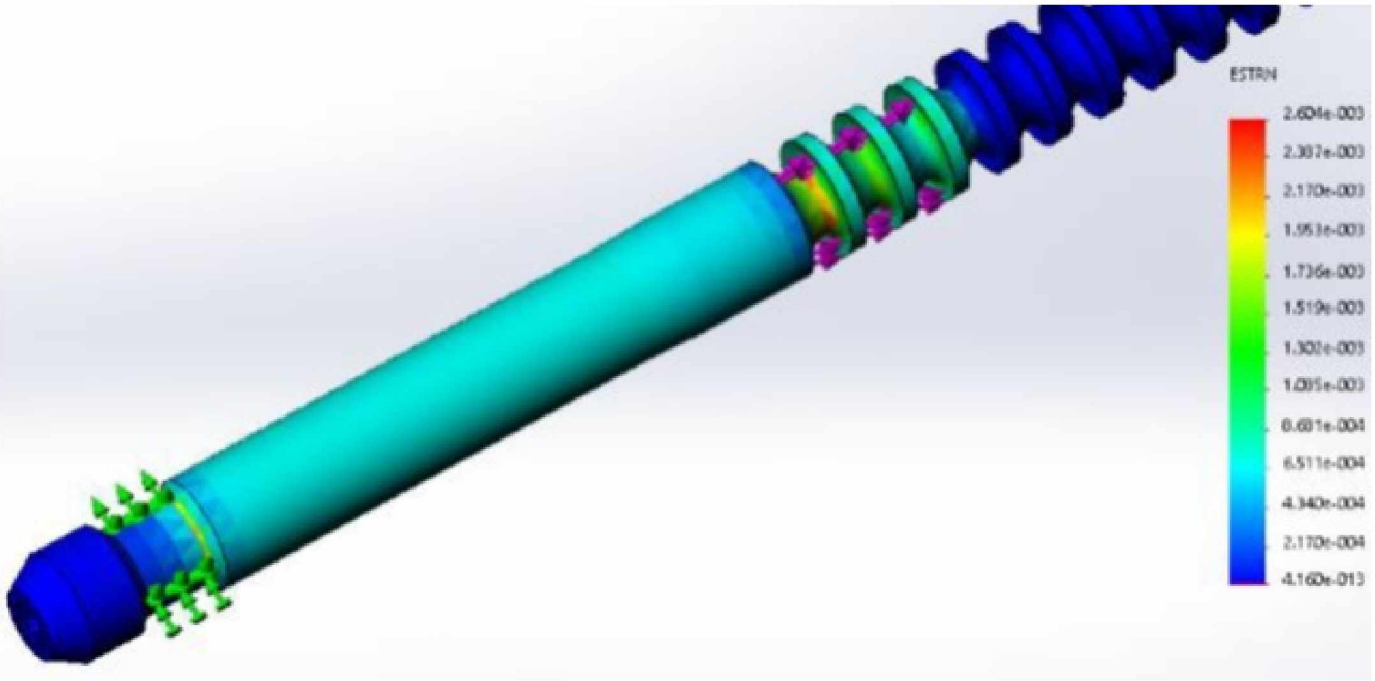
Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation



Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation



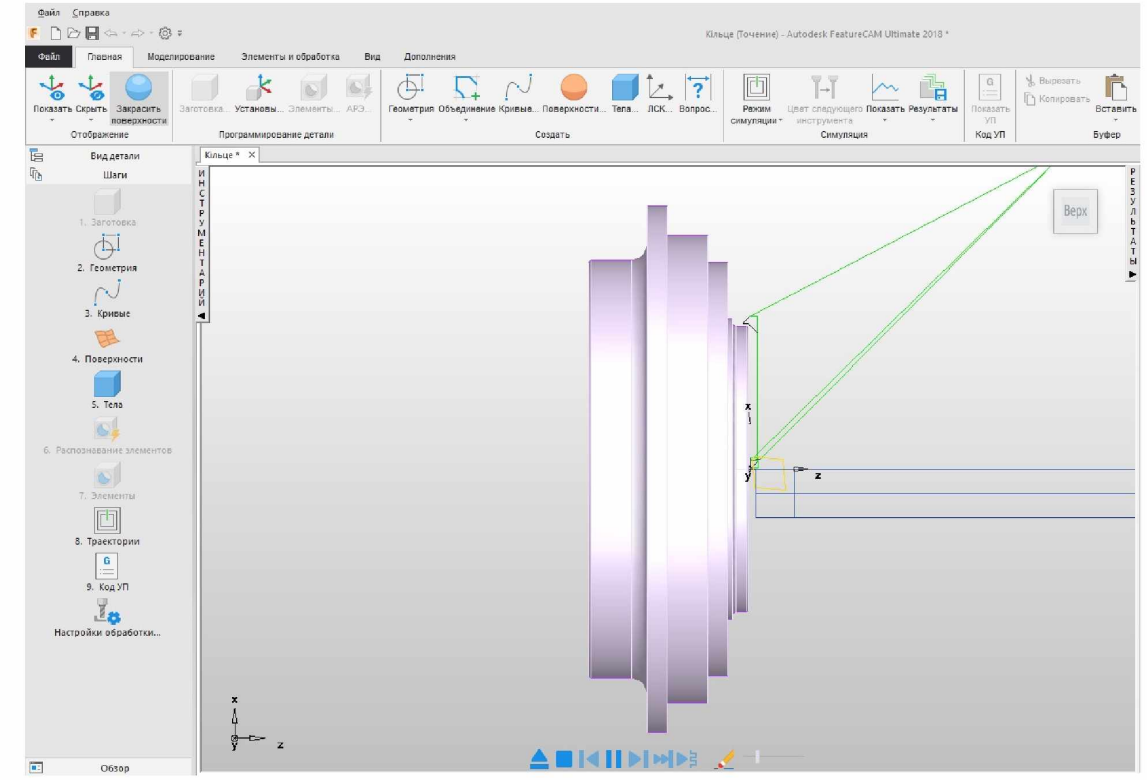
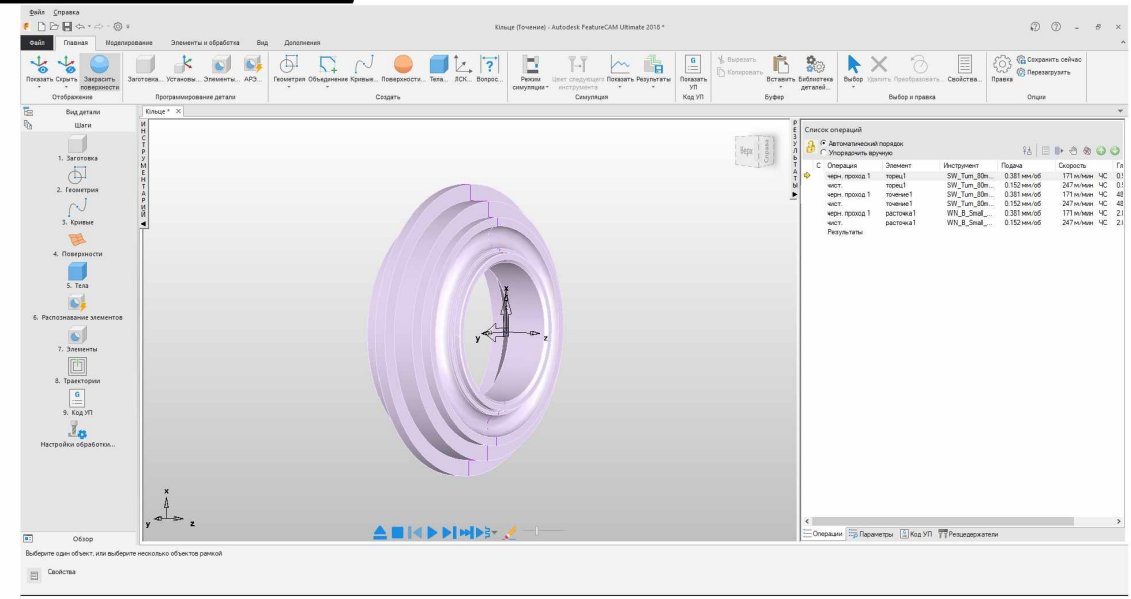
Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation



Сітка кінцевих елементів

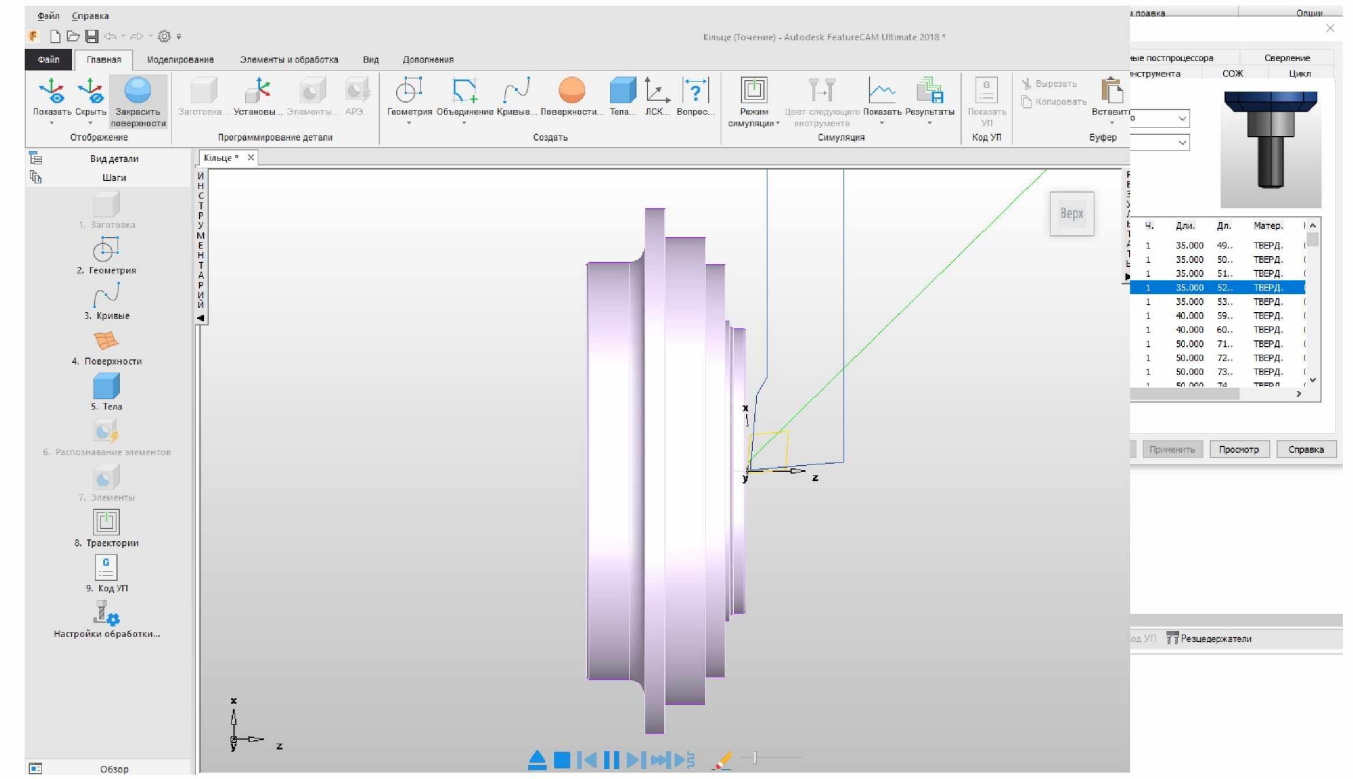
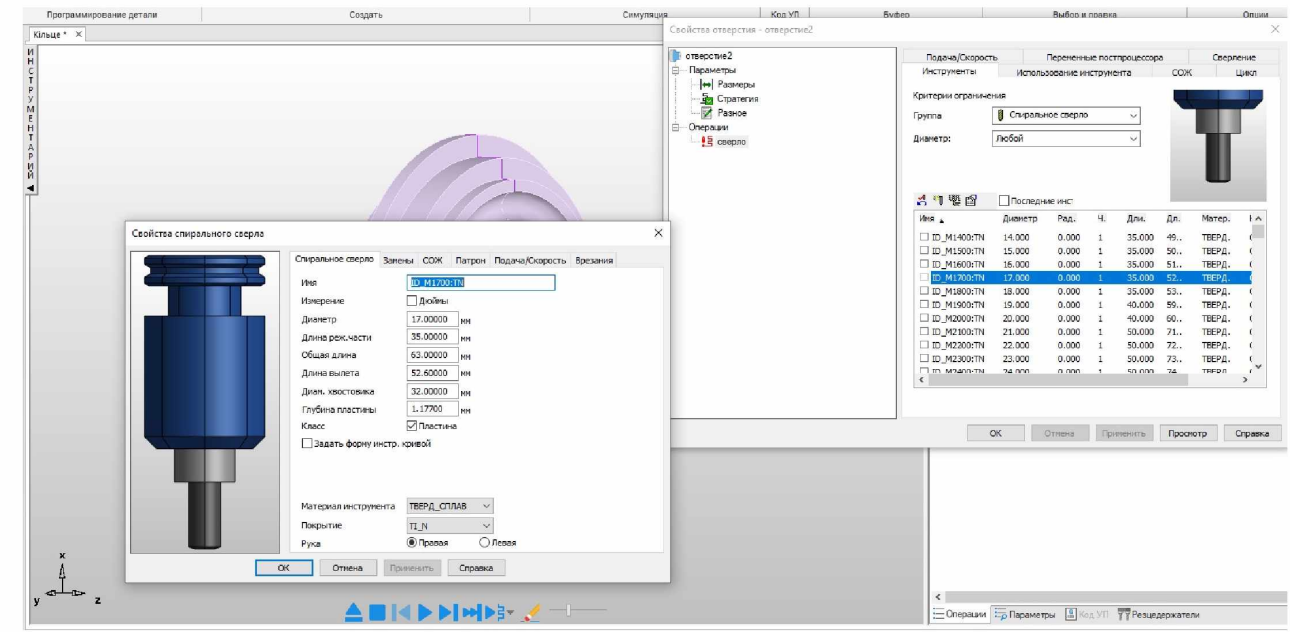


КНУ.КБР.131.25.1-15.ІАСРІ					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив	Михайленко				Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев						

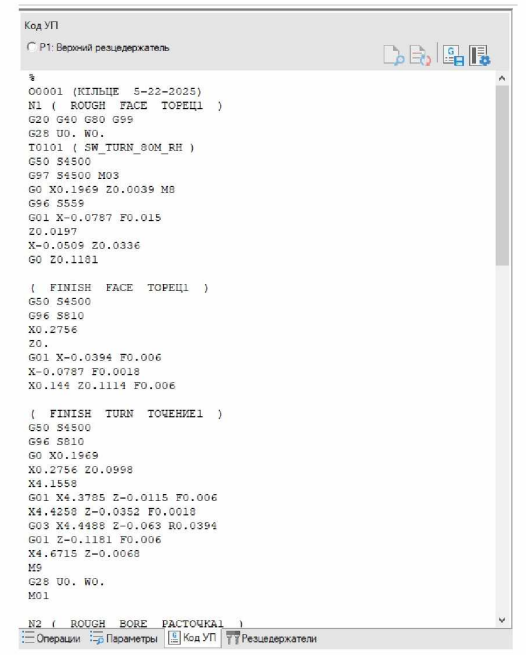


Етап вибору різального інструменту в меню програми

Фрагмент моделювання процесу обробки деталі (підрізання торцю)



Фрагмент керуючої програми



				КНУ.КБР.131.25.1-15.МПМО		
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Моделювання процесу механічної обробки	Лит.	Маса
					Н	Масштаб
Розробив	Михайленко				Лист	Листів 1
Керівник	Нечасев				Кафедра ТМ гр. ПМ-21	
Н.контр.	Нечасев					
Затв.	Рязанцев					