

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 «Вісь ексцентрикова» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав: здобувач  
групи ПМ-20  
Степаненко В.О.  
Керівник випускної роботи:  
к.т.н., доцент  
Рязанцев А.О.

Кривий Ріг  
2024 р.

**ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Спеціальний різальний інструмент для обробки поверхонь деталі «Вісь ексцентрикова» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Степаненко В.О.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечасєв В.П.

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

Затверджую  
Зав. кафедри доцент, к.т.н., Нечаєв В.П.

---

(підпис)

---

(дата)

## **ЗАВДАННЯ** на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувач гр. ПМ-20 Степаненко Віталій Олександрович

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

Керівник проекту: доц., к.т.н. Рязанцев А.О.

Затверджена наказом по КНУ № \_\_\_\_\_ від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 р.

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** \_\_\_\_\_ р.

**3. Вихідні дані до роботи:** 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вісь ексцентрикова». 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. Вісь ексцентрикова. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Свердло комбіноване. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

**6. Календарний план:**

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	
3.	Призначення об'єкту виробництва	
4.	Аналіз технологічності деталі.	
5.	Креслення деталі (А1-А4).	
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	
13.	Вибір допоміжних інструментів.	
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	
18.	Висновки	
19.	Оформлення РПЗ	
20.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завдання видав керівник КБР

\_\_\_\_\_

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав  
здобувач освіти

\_\_\_\_\_

/Степаненко В.О./



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A4		1	КНУ.КБР.131.24.1-15.ПЗ	Пояснювальна записка	45	
				Креслення		
A3		2	КНУ.КБР.131.24.1-15.ВЕ	Вісь ексцентрикова	1	
A2		3	КНУ.КБР.131.24.1-15.ВІН	Верстатно-інструментальне налагодження	1	
A3		4	КНУ.КБР.131.24.1-15.СК	Свердло комбіноване	1	
A3		5	КНУ.КБР.131.24.1-15.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		6	КНУ.КБР.131.24.1-15.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	
КНУ.КБР.131.24.1-15.ВМКБР						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разрад.	Степаненко				Лит.	Лист
Пров.	Рязанцев				Н	Листов
Н.контр.	Рязанцев				1	
Утв.	Нечаев				Кафедра ТМ гр. ПМ-20	
				Відомість матеріалів КБР		Формат А4
				Копирвал		

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дѣл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 45 стор., 33 рисунки, 9 таблиць, 5 листів графічної частини.

Мета роботи: дослідження та інженерний аналіз спеціального різального інструменту, призначеного для обробки поверхонь деталі «Вісь ексцентрикова», яка входить до складу зубчастого редуктору культиватору.

Об'єкт дослідження – процес обробки деталі «Вісь ексцентрикова» культиватору з використанням спеціального різального інструменту.

Предмет дослідження – спеціальний різальний інструмент, його конструкція, технологічні параметри та параметри різання, а також технологічні процеси обробки деталі «Вісь ексцентрикова» зубчастого редуктору культиватору з використанням цього інструменту.

Різальні інструменти в сучасному виробництві є не лише засобом для обробки матеріалів, але й ключовим елементом у досягненні високої якості та ефективності виготовлення деталей машин. Особливе місце серед цих інструментів займають спеціальні різальні інструменти, призначені для обробки складних геометричних форм, таких як деталі «Вісь ексцентрикова» культиватору.

Розвиток виробництва сільськогосподарської техніки вимагає постійного удосконалення технологій обробки деталей, зокрема, таких, як «Вісь ексцентрикова» культиватору. Ефективність та точність обробки цих деталей напряму впливає на якість та надійність культиваторів, що в свою чергу впливає на врожайність та ефективність сільськогосподарських робіт. Тому, вивчення та оптимізація процесу обробки «Вісь ексцентрикова» стає актуальним завданням для підвищення конкурентоспроможності виробників культиваторів.

Під час розробки використовувалися модулі автоматизованого проектування, включаючи програмне забезпечення Solid Works і Autodesk. Був проведений інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних компонентів у конструкції, використовуючи інструменти Solid Works у модулі Simulation.

ВІСЬ ЕКСЦЕНТРИКОВА, СВЕРДЛО-ЦЕКОВКА, ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ, СОБІВАРТІСТЬ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ.

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.Р</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Степненко</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечасів</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>Каф. ТМ, гр. ЗПМ-21ск</i>	

## ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 45 pages, 33 figures, 9 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: research and engineering analysis of a special cutting tool designed for processing the surfaces of the Eccentric Axis part, which is part of the gear reducer of the cultivator.

The object of the research is the process of processing the part "Eccentric axis" of the cultivator using a special cutting tool.

The subject of the study is a special cutting tool, its design, technological parameters and cutting parameters, as well as technological processes of processing the part "Eccentric axis" of the gear reducer of the cultivator using this tool.

Cutting tools in modern production are not only a means of processing materials, but also a key element in achieving high quality and efficiency in the production of machine parts. A special place among these tools is occupied by special cutting tools designed for the processing of complex geometric shapes, such as the details of the "Eccentric axis" of the cultivator.

The development of the production of agricultural machinery requires constant improvement of the processing technologies of parts, in particular, such as the "eccentric axis" of the cultivator. The efficiency and accuracy of the processing of these parts directly affects the quality and reliability of cultivators, which in turn affects the yield and efficiency of agricultural work. Therefore, the study and optimization of the "Eccentric Axis" processing process becomes an urgent task for increasing the competitiveness of cultivator manufacturers.

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

ECCENTRIC AXLE, DRILL-SHIFTER, WORKABILITY, COST, ECONOMIC EFFECT.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.Р</i>	Арк.
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

Вступ	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання	12
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	14
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замінів	14
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	17
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	19
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	24
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	25
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	25
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	28
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	28
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	31
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	35
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора	35
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	36
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	39
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	39
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	41
Висновки	44
Список використаних джерел	45

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.3</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		<i>Степаненко</i>			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>					
Реценз.					<i>Зміст</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>					
Зав. каф.		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</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>КНУКБР.131.24.1-15.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Степаненко</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Вступ</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

## 1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Для написання кваліфікаційної бакалаврської роботи використовуються вихідні дані у вигляді креслення деталі під назвою «Вісь ексцентрикова», яка є складовою частиною зубчастого редуктору культиватору. На рисунку 1.1 подано тривимірну модель цієї деталі.

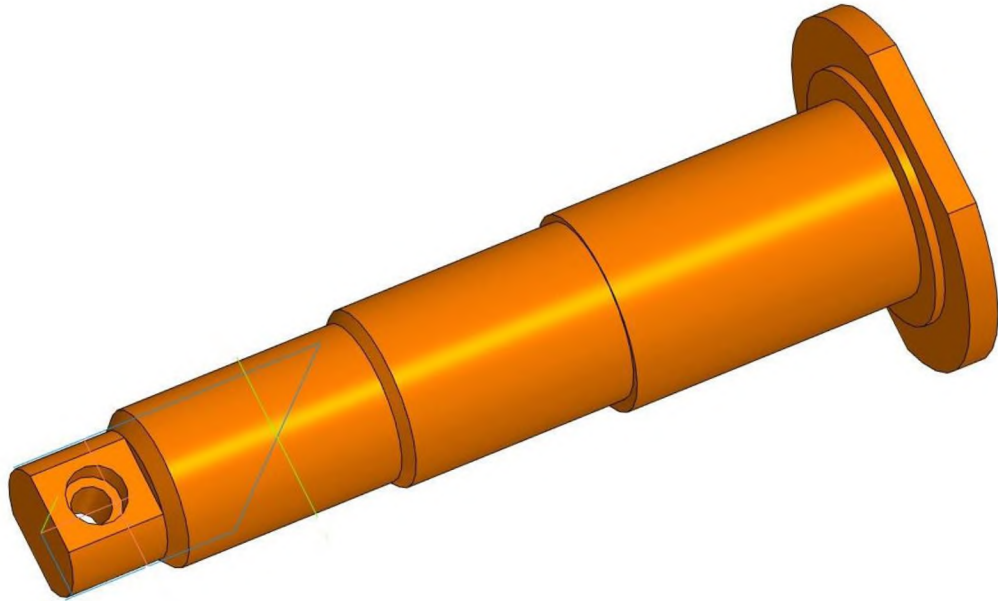


Рисунок 1.1 – Деталь «Вісь ексцентрикова»

Технічне завдання розроблено для дослідження та інженерного аналізу спеціального різального інструменту, призначеного для обробки поверхонь деталі «Вісь ексцентрикова», яка входить до складу зубчастого редуктору культиватору.

Основними завданнями дослідження є:

1. Аналіз конструкції та принципу дії спеціального різального інструменту.
2. Вивчення технологічних процесів обробки деталі «Вісь ексцентрикова» культиватору.
3. Експериментальне визначення оптимальних параметрів різання для досягнення максимальної продуктивності та якості обробки.
4. Розробка рекомендацій щодо використання та налаштування спеціального різального інструменту.

Розмір замовлення – 1500 штук на рік.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.01.АСПМ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>						
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						



Об'єктом дослідження є процес обробки деталі «Вісь ексцентрикова» культиватору з використанням спеціального різального інструменту.

Предметом дослідження є спеціальний різальний інструмент, його конструкція, технологічні параметри та параметри різання, а також технологічні процеси обробки деталі «Вісь ексцентрикова» зубчастого редуктору культиватору з використанням цього інструменту.

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

Деталь «Вісь ексцентрикова» входить до складу зубчастого редуктору (Вега, Веста, КРН – рис. 1.3) культиватору (ALTAIR – рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Культиватор ALTAIR 5,6-04

Культиватор ALTAIR 5,6-04 призначений для обробки міжрядь просапних культур і внесення гранульованих мінеральних добрив одночасно. Його основна функція – якісно розпушувати ґрунт в міжряддях на встановлену глибину, знищуючи бур'яни. Ця модель придатна для обробки 8-рядних посівів кукурудзи, соняшнику та інших культур, розсаджених з міжряддям шириною 70 см.

Культиватор може транспортуватися по дорогах загального користування завдяки наявності транспортного пристрою з габаритами 2,1 метра. Він також може використовуватися для суцільної обробки з лапами-бритвами та підгортання. Сталеві тримачі стійок лап витримують великі навантаження.

Обертання від опорно-приводних коліс передається на вал туковисівного апарата. Норма висіву добрив регулюється за допомогою механізмів передач. Універсальна конструкція колісного приводу спрощує переміщення культиватора з робочого положення в транспортне. Для вивантаження залишків мінеральних добрив передбачено розвантажувальний люк.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

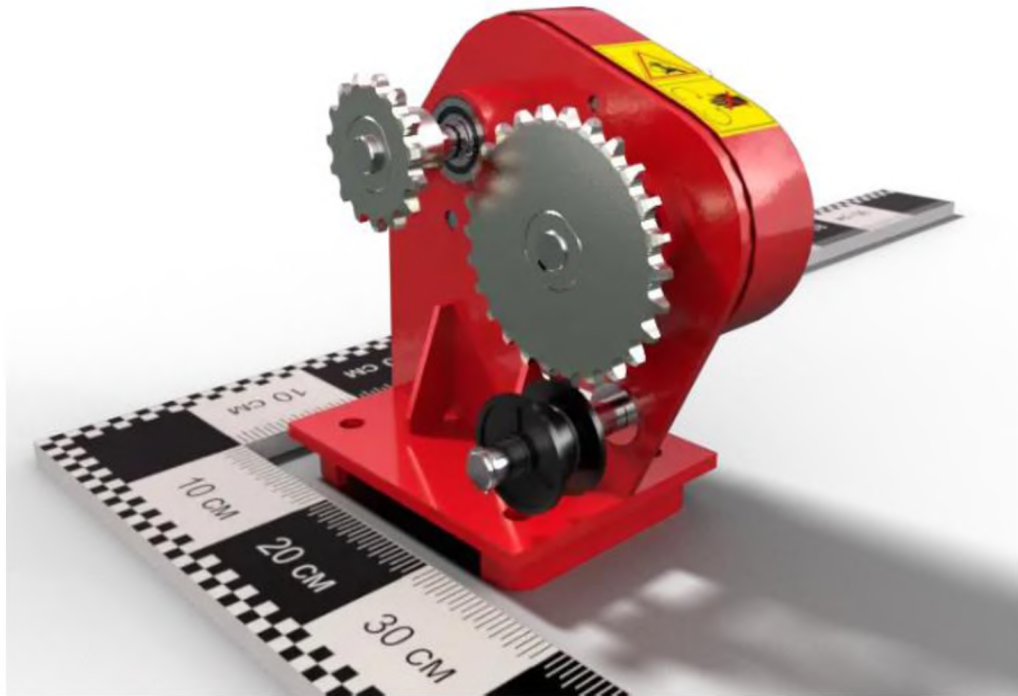


Рисунок 1.3 – КРН механізм передач

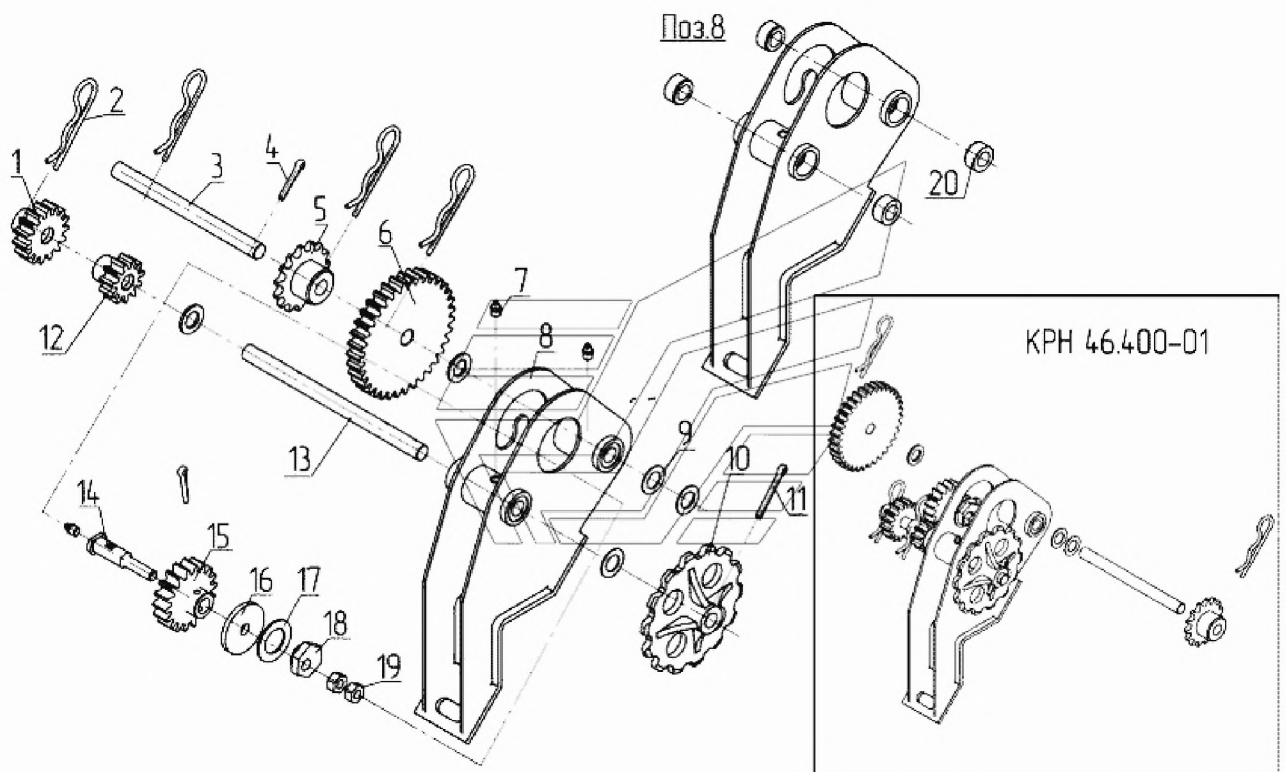


Рисунок 1.4 – Механізм передач в розборі

Складові частини механізму передач:

1 – Колесо зубчасте

2 – Шплінт пружинний

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-15.01.АСПМ

Арк.



3 – Вісь	4 – Шплінт 6,3х36.019
5 – Зірочка	6 – Колесо зубчасте
7 - Маслянка 1.2.Цбхр	8 – Кронштейн
9 - Шайба 18x1, 0.01.10.019	10 – Зірочка
11 – Шплінт 6,3 х50.019	12 – Колесо зубчасте
13 – Вісь	14 – Вісь
15 – Колесо зубчасте	16 – Шайба
17 – Шайба	18 – Ексцентрик
19 – Гайка M12-6H.6.019	

### 1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання

Вісь ексцентрикова має конструктивний елементи – різьбова поверхня M16-6H. Проаналізуємо визначення параметрів точності різьбового з'єднання.

Вихідні данні: M16×6H

16 – номінальний діаметр метричної різьби, мм

2 – крок різьби P, мм

6H – поле допуску середнього та внутрішнього діаметру різьбової поверхні

#### 1.3.1 Визначаємо номінальні значення діаметрів різьби

Зовнішній –  $D = 16$  мм – не нормується

Середній –  $D_2 = D - 2 + 0,701 = 16 - 2 + 0,701 = 14,701$  мм.

Внутрішній –  $D_1 = D - 3 + 0,835 = 16 - 3 + 0,835 = 13,835$  мм.

#### 1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

Встановлюємо граничні відхилення залежно від розміру кроку різьби, стандартного діаметру та обраного допуску:

Для  $D_2$  – поле допуску 6H;

для  $D_1$  – поле допуску 6H.

$\varnothing 14,701$  – 6H;  $ES_2 = +212$  мкм;  $EI_2 = 0$ ;

$\varnothing 13,835$  – 6H;  $ES_1 = +375$  мкм;  $EI_1 = 0$ .

#### 1.3.3 Визначаємо граничні розміри та величини допусків

$D_{2\max} = D_2 + ES_2 = 14,701 + 0,212 = 14,913$  ;

$D_{2\min} = D_2 + EI_2 = 14,701 + 0 = 14,701$  ;

$D_{1\max} = D_1 + ES_1 = 13,835 + 0,375 = 14,210$  ;

$D_{1\min} = D_1 + EI_1 = 13,835 + 0 = 13,835$  .

$TD_2 = D_{2\max} - D_{2\min} = 14,913 - 14,701 = 0,212$  ;

$TD_2 = ES_2 - EI_2 = 200 - 0 = 212$  мкм;

$TD_1 = D_{1\max} - D_{1\min} = 14,210 - 13,835 = 0,375$  ;

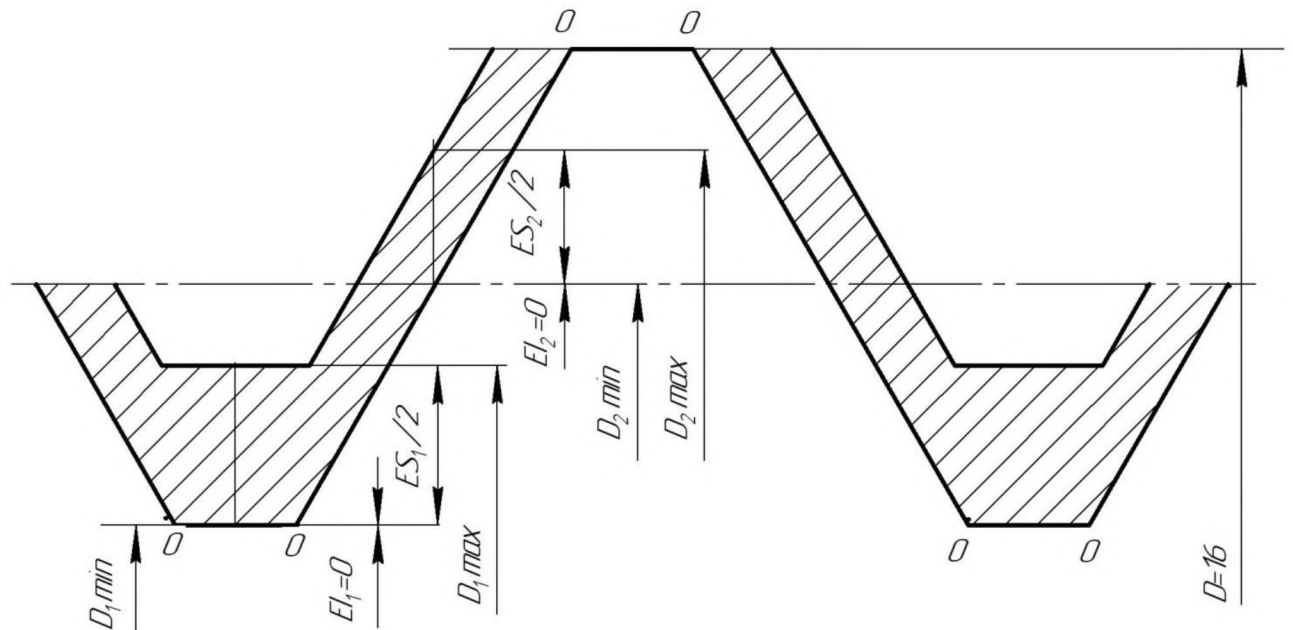
$TD_1 = ES_1 - EI_1 = 375 - 0 = 375$  мкм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.01.АСПМ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Результати розрахунку параметрів різьби

Позначення різьби	Елементи різьби	Розміри (мм)			Допуск, мм
		номінальний	найбільший	найменший	
Різьбовий отвір M8×7H	$D$	16	–	–	–
	$D_2$	14,701	14,913	14,701	0,212
	$D_1$	13,835	14,210	13,835	0,375

Схема полів допусків різьбової поверхні наведена на рисунку 1.5.



Рисунку 1.5 – Схема полів допусків різьбової поверхні

					КНУ.КБР.131.24.1-15.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

### 2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Ексцентрик являє собою два з'єднаних жорстко вала зі зміщеними осями (або вал з нецентральною отвором).

Використовується для регулювання: підведення опор колодок барабаних гальм, регулювання натягу приводних ременів на двигунах.

Заготовка для деталі «Вісь ексцентрикова» – прокат зі сталі 45, сталь заміник – сталь 40Х.

Сталь 45 – вуглецева конструкційна якісна сталь ферито-перлітного класу. З неї виготовляють редуктори, зубчасті колеса та вали-шестірні, ланцюгові приводні зірочки, кулачки, супорти, шпинделі та інші деталі, що піддаються в процесі експлуатації навантаженням та тертю.

Дані про матеріал деталі (хімічний склад і механічні властивості) та її заміник приводяться у таблицях 2.1. та 2.2.

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 45 та 40Х

Матеріал	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
Сталь 40Х	0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8-1,1	до 0,3
Сталь 45	0,42-0,5	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,25	до 0,04	до 0,035	до 0,25	до 0,25

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 45 та 40Х

Матеріал	$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_{вр}$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	$a_n$ , Дж/см <sup>2</sup>	Твердість, НВ
Сталь 40Х	395	615	13	40	49	229
Сталь 45	355	570	14	30	29	229

### 2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Керуючись кінцевими вимогами до точності і якості поверхонь деталей, обираємо послідовно застосовувані технологічні методи обробки, сукупність яких забезпечить задану на робочому кресленні якість поверхні.

В табл. 2.1 наведено характеристики поверхонь деталі, а нумерацію цих поверхонь наведено на рисунку 2.1.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

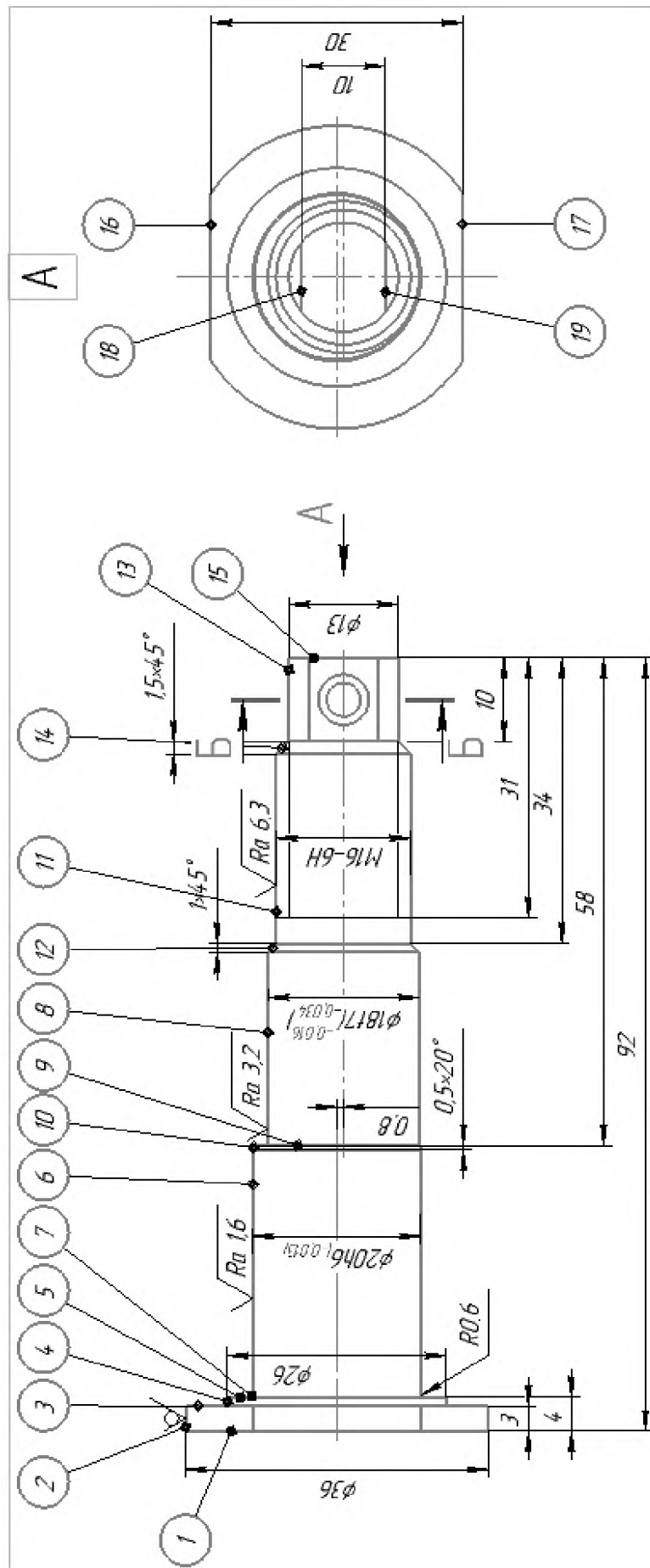


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Вісь ексцентрикова»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-15.02.ТПВД

Арк.

Таблиця 2.3 – Послідовність технологічних методів обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір, мм	Шорсткість, Ra	Допуск, IT	Послідовність технологічних методів обробки	Примітка
1,15	92	12,5	h14	Підрізка торця чорнова	
2	Ø36	-	-	Не обробляється	
3	3	12,5	h14	Підрізка торця чорнова	
4	Ø26	12,5	h14	Точіння чорнове	
7	R0,6	12,5	h14	Точіння скруглень	
5	4	12,5	h14	Підрізка торця чорнова	
6	Ø20	12,5 6,3 3,2 1,6	h14 h12 h9 h6	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове Тонке точіння	
8	Ø18	12,5 6,3 3,2	h14 h12 f7	Точіння чорнове Точіння напівчистове Точіння чистове	
9	58	12,5	h14	Підрізка торця чорнова	
10	0,5×20°	12,5	h14	Точіння фаски	
11	M16-6H	12,5 6,3	h14 6H	Точіння чорнове Нарізання різьби	
12	1×45°	12,5	h14	Точіння фаски	
13	Ø18	12,5	h14	Точіння чорнове	
14	1×45°	12,5	h14	Точіння фаски	
15	92	12,5	h14	Підрізка торця чорнова	
16,17	30	12,5	h14	Фрезерування площини	
18,19	10	12,5	h14	Фрезерування площини	
20	Ø6 1 3	12,5	H14	Сверління отвору	
21	Ø4 1 7	12,5	H14	Сверління отвору	

## 2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні зображено головний вид деталі та вид зліва. Додатково показано переріз А-А, на якому зображено отвір. На кресленні проставлені всі потрібні розміри, шорсткість та поля допусків на розміри, які необхідні для

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

виготовлення заданої деталі. Також проставлена невказана шорсткість поверхонь та є технічні вимоги, яким повинна відповідати деталь «Вісь ексцентрикова».

Деталь на кресленні показана в збільшеному масштабі – 2:1.

#### 2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Технологічний процес обробки заданої деталі складається з наступних технологічних операцій:

Опер. 005 – токарна чорнова обробка.

Опер. 010 – токарна чистова.

Опер. 015 – фрезерна, свердлильна.

У відповідності до обраного технологічного процесу обробки деталі та попередньо визначених методів обробки, обираємо металорізальне обладнання.

Всі операції виконуємо на токарному автоматі повздовжнього точіння з ЧПК Nexturn SA38e.



Рисунок 2.2 – Токарний автомат повздовжнього точіння з ЧПК Nexturn SA38e

#### Технічні характеристики верстата

Функціональні можливості верстата:

Макс. діаметр прутка, основний шпиндель	Ø38 мм
Макс. довжина прутка, основний шпиндель	250 мм
Макс розміри свердління/нарізання різьби о.ш.	Ø12 мм/M10
Макс. діаметр прутка,	Ø38 мм
Макс. розміри свердління/нарізання різьби, субшпиндель	Ø10 мм/M8
Макс. розміри при поперечному свердління/нарізання різьби	Ø10 мм/M8
Макс. діаметр фрези при поперечному фрезеруванні	Ø40 мм

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Макс. швидкість обертання, основного шпинделя	8000 об/хв
Макс. швидкість обертання, субшпиндель	8000 об/хв
Макс. швидкість обертання приводного інструмента	6000 об/хв
Загальна кількість інструментів	20
Хвостовик	16×16×120 мм
Цанговий патрон для інструментів	ER16
Швидке переміщення	32 м/хв
Кількість керованих осей	7
Позиціонування, основний шпиндель	0,001°
Позиціонування, субшпиндель шпиндель	0,001°
Двигуни:	
Основний шпиндель	5,5/7,5 кВт
Субшпиндель	1,5/2,2 кВт
Блок поперечного сверління/фрезерування	1,0 кВт
Інструменти для обробки зворотньої сторони деталі	1,0 кВт
Блок насоса системи МОР	0,9 кВт
Блок насоса системи мащення	0,04 кВт
Розміри:	
Обсяг резервуара для МОР	200 л
Висота від центра шпинделя до підлоги	1000 мм
Довжина×ширина×висота	2140×1375×1670 мм
Ваг нетто	3500кг

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

№ поверхні	Найменування операції	Тип верстата	Примітка
1,3,5,9,15	Підрізка торця чорнова	Nexturn SA38e	-
4,6,8,11,13	Точіння чорнове	Nexturn SA38e	-
6,8	Точіння напівчистове	Nexturn SA38e	-
6,8	Точіння чистове	Nexturn SA38e	-
6,8	Тонке точіння	Nexturn SA38e	-
7,10,12,14,	Точіння фасок та скруглень	Nexturn SA38e	-
11	Нарізання різьби	Nexturn SA38e	-
16,17,18,19	Фрезерування площини	Nexturn SA38e	-
20,21	Сверління отвору	Nexturn SA38e	-

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

#### 3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Згідно з сучасними методиками обробки поверхонь конкретної деталі, ми вибираємо інструменти для металорізання. Для кожної окремої поверхні деталі ми ретельно підбираємо відповідний інструмент та створюємо його ескіз. Після цього ми вносимо отримані дані до табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ поверхні	Найменування операції	Тип інструменту	Примітка
1,3,5,9,15	Підрізка торця чорнова	Різець прохідний	-
4,6,8,11,13	Точіння чорнове	Різець прохідний	-
6,8	Точіння напівчистове	Різець прохідний	-
6,8	Точіння чистове	Різець прохідний	-
6,8	Тонке точіння	Різець прохідний	-
7,10,12,14,	Точіння фасок та скруглень	Різець прохідний	-
11	Нарізання різьби	Різець різьбовий	-
16,17,18,19	Фрезерування площини	Фреза кінцева	-
20,21	Сверління отвору	Сверло комбіноване	-

#### 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Враховуючи фізико-механічні характеристики матеріалу деталі, метод обробки та тип металорізальних верстатів для конкретних металорізальних інструментів, ми визначаємо матеріал для різальної частини та встановлюємо її геометричні параметри.

Державка SECO DDJNR 1616H11 [1, с. 89].

Геометричні параметри  $h=16\text{мм}$ ;  $b=16\text{мм}$ ;  $l_1=100\text{мм}$ ;  $l_3=31\text{мм}$ ;  $f_1=20\text{мм}$  (рис. 3.1).

Пластинка DNMU 140408-MF5, покриття – TP 1500 [1, с. 206]

Геометричні параметри:  $d=9,52\text{ мм}$ ;  $l=11,6\text{ мм}$ ;  $s=4,76\text{ мм}$ ;  $h=3,81\text{ мм}$ ;  $r_\varepsilon = 0,2-1,2\text{ мм}$  (рис. 3.2).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						



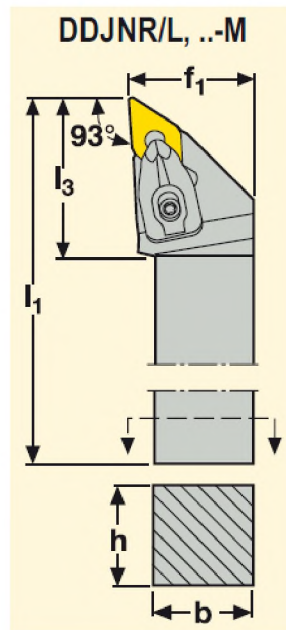


Рисунок 3.1 – Державка SECO DDJNR 1616H11

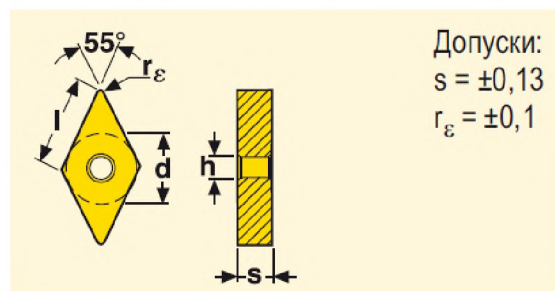


Рисунок 3.2 – Пластинка SECO DNMU 140408-M5

Використовується для чорнової обробки поверхонь: 1, 3-14; чистової та напівчистової обробки поверхонь: 8, 11.

Забезпечення потрібної якості поверхні досягається зміною режимів різання.

Державка SECO SCACR 1616H09 [1, с. 114].

Геометричні параметри  $h=16\text{мм}$ ;  $b=16\text{мм}$ ;  $l_1=100\text{мм}$ ;  $l_3=21\text{мм}$ ;  $f_1=16,7\text{мм}$  (рис. 3.3).

Пластинка CCMT 09T304-F2, покриття – TP1500 [1, с.193].

Геометричні параметри:  $d=9,52\text{ мм}$ ;  $l=11,6\text{ мм}$ ;  $s=4,76\text{ мм}$ ;  $h=3,81\text{ мм}$ ;  $r_\epsilon = 0,2\text{-}1,2\text{ мм}$  (рис. 3.4).

Використовується для тонкої обробки поверхні: 6.

Забезпечення потрібної якості поверхні досягається зміною режимів різання.

Державка SECO CER 1616H16 [1, с.408].

Геометричні параметри  $h=16\text{мм}$ ;  $b=16\text{мм}$ ;  $l_1=100\text{мм}$ ;  $l_3=20\text{мм}$ ;  $f_1=16\text{мм}$  (рис. 3.5).

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

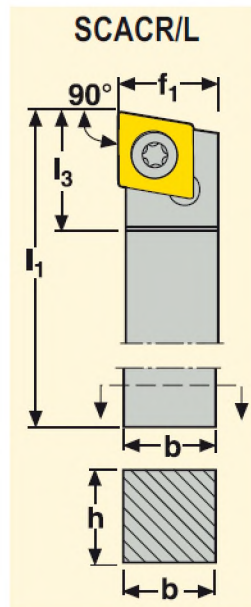


Рисунок 3.3 – Державка SECO SCACR 1616H09

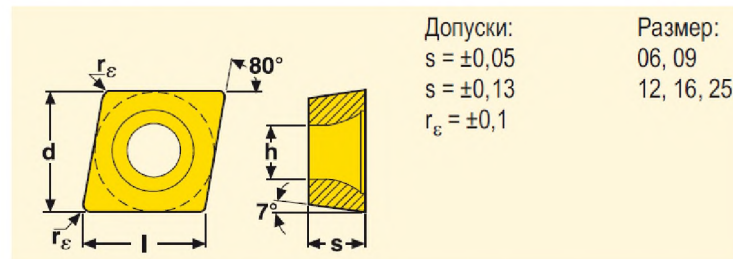


Рисунок 3.4 – Пластинка CCMT 09T304-F2

Пластинка 16ER AG60-A1, покриття – CP300 [1, с.380]

Геометричні параметри:  $d=9,525$  мм;  $l=16,5$  мм;  $s=4,76$  мм;  $h=3,47$  мм;  $r_\epsilon = 0,08$  мм;  $t=1,5$  мм;  $l_3=1,1$  мм (рис. 3.6).

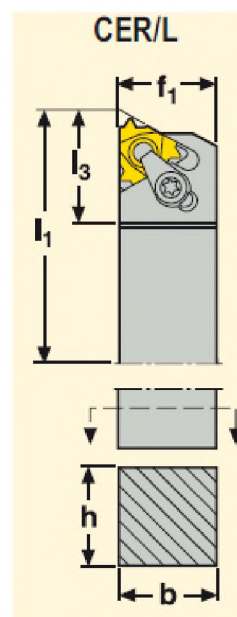


Рисунок 3.5 – Державка SECO CER 1616H16

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

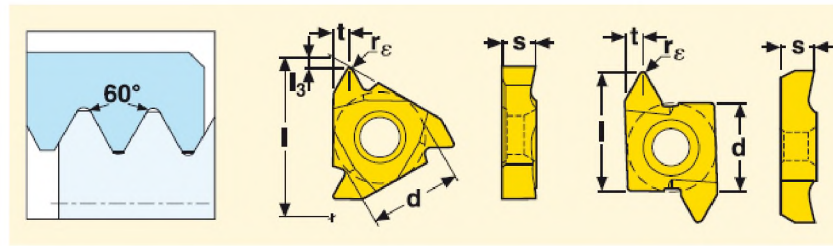


Рисунок 3.6 – Пластика 16ER AG60-A1

Використовується для нарізання різьби на поверхні: 11.

Забезпечення потрібної якості поверхні досягається зміною режимів різання.

Сталевий хвостовик SECO MP10-10055-010.00 [2, с.403].

Геометричні параметри  $D_{5t}=9,8$  мм ;  $dm_m=10$  мм;  $L=55$ мм;  $A=15$  мм;  $l_a=10$  мм (рис. 3.7).

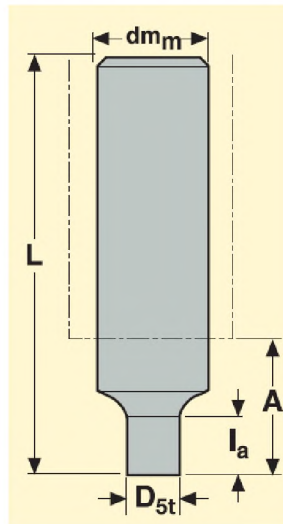


Рисунок 3.7 – Сталевий хвостовик SECO MP10-10055-010.00

Пластика SECO MP10-10012R04Z3-M03 [2, с.406].

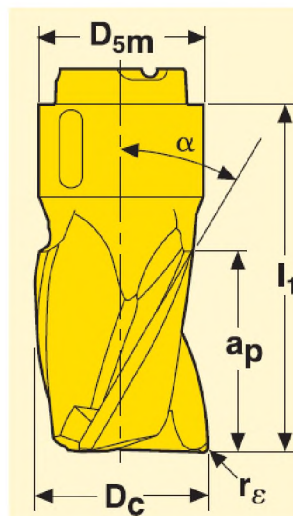


Рисунок 3.8 – Кінцевик SECO MP10-10012R04Z3-M03

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри  $D_c=10$  мм ;  $r_e=0,4$  мм;  $D_{5m}=9,6$  мм;  $a_p=12$ мм;  $\alpha=30^\circ$ ;  $l_1=21$  мм;  $z_c=3$  (рис. 3.8). Покрыття – MP3000.

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1,3,5, 9,15	Прохідний різець	Ti(C,N)+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> покрыття TP1500	DDJNR 1616H11	d=9,52 мм; l=11,6 мм; s=4,76 мм; h=3,81 мм; $r_\varepsilon = 0,2-1,2$ мм
4,6,8, 11,13	Прохідний різець	Ti(C,N)+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> покрыття TP1500	DDJNR 1616H11	d=9,52 мм; l=11,6 мм; s=4,76 мм; h=3,81 мм; $r_\varepsilon = 0,2-1,2$ мм
6,8	Прохідний різець	Ti(C,N)+Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> покрыття TP1500	SCACR 1616H09	d=9,52 мм; l=11,6 мм; s=4,76 мм; h=3,81 мм; $r_\varepsilon = 0,2-1,2$
11	Різбовий різець	(Ti,Al)N+TiN покрыття CP300	CER 1616H16	d=9,525 мм; l=16,5 мм; s=4,76 мм; h=3,47 мм; $r_\varepsilon = 0,08$ мм; t=1,5 мм; l <sub>3</sub> =1,1мм
16,17, 18,19	Фреза кінцева	(Ti,Al)N покрыття MP3000	MP10-10055- 010.00	$D_c=10$ мм ; $r_e=0,4$ мм; $D_{5m}=9,6$ мм; $a_p=12$ мм; $\alpha=30^\circ$ ; $l_1=21$ мм; $z_c=3$
20,21	Сверло комбіноване	P6M5		

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з прийнятих типів інструментів вибираються найбільш навантажені умови роботи (чорнова обробка). З урахуванням умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата і режими різання) визначаються сили різання. Бажано включити автоматизований розрахунок режимів різання. Прийнятий інструмент перевіряється на міцність для найбільш навантажених умов обробки.

Для розрахунку обираємо прохідний різець SECO DDJNR 1616H11

Так як він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця:  $h=16\text{мм}$ ;  $b=16\text{мм}$ ;  $L=100\text{мм}$ , матеріал різця – сталь 40 з межею міцності  $\sigma_{\text{в}}=640\text{ МПа}$  і допустимою напругою  $\sigma_{\text{д.н.}}=200\text{ МПа}$ , матеріал заготовки – сталь 45 з межею міцності  $\sigma_{\text{в}}=600\text{ МПа}$ . Діаметр заготовки – 38 мм, припуск на обробку (на сторону – 3 мм), подача  $S=1,1\text{ мм/об}$ , виліт різця  $l=31\text{ мм}$ .

1. Визначаємо силу різання:

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

де:  $K_{Pz}$  – сумарний поправочний коефіцієнт;

$t^{Pz}$  – показник степені при глибині різання;

$S^{Pz}$  – показник степені при подачі.

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

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{д.н.}}}{6l} = \frac{16 \times 10^{-3} (16 \times 10^{-3})^2 \times 200 \times 10^6}{6 \times 31 \times 10^{-3}} = 4404 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорс}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \times 0,1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11} \times 0,54 \times 10^{-8}}{(31 \times 10^{-3})^3} = 10875 \text{ Н}$$

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:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{16 \times 16^3}{12} = 5461 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$4404 > 3778 < 10875$$

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ					

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

### 3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи характеристики поверхонь посадкових місць для верстатів під різальний інструмент, а також параметри поверхонь посадкових місць для самого різального інструменту, ми призначаємо відповідні типи допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів для кожного обраного різального інструменту. Ці дані будуть внесені у таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір типу допоміжного інструменту

№ пов.	Метало-різальний верстат (тип, модель)	Тип ріжучого інструменту (шифр інструменту)	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент за міжнародними стандартами
1,3,5,9,15	Nexturn SA38e	DDJNR 1616H11	h=16; b=16	Різетримач радіальний довгий, тип В5: В1-20×16×75
4,6,8,11,13	Nexturn SA38e	DDJNR 1616H11	h=16; b=16	Різетримач радіальний довгий, тип В5: В1-20×16×75
6,8	Nexturn SA38e	SCACR 1616H09	h=16; b=16	Різетримач радіальний довгий, тип В5: В1-20×16×75
11	Nexturn SA38e	CER 1616H16	h=16; b=16	Різетримач радіальний короткий, тип В1: В1-20×16×55
16,17,18,19	Nexturn SA38e	MP10-10055-010.00	dm <sub>m</sub> =10мм; L=55мм; A=15 мм;	Цанговий патрон ER16
20,21	Nexturn SA38e	Свердло комбіноване	d=10	Цанговий патрон ER16

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

Інструментальний апарат складається з різального інструмента, низки допоміжних засобів та посадкових поверхонь металорізального верстата. Процес налаштування інструментів охоплює вибір та розміщення ріжучих і допоміжних інструментів відповідно до вимог конструкції деталі і характеру технологічної

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>					

операції. Інструментальне налагодження представляє інструментальний комплекс ріжучих і допоміжних інструментів, скомпонованих відповідно до конструкції деталі і змісту технологічної операції.

Інструментальний комплекс складається за даними, що наведені в табл. 3.1-3.3 відповідно до технологічної операції. Дані занесено в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Структура інструментального комплексу чи системи

№ з/п пов.	Найменування операції	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент	Допоміжний інструмент
1,3,5,9,15	Токарна	Nexturn SA38e	Прохідний різець: DDJNR 1616H11	Різцетримач радіальний довгий, тип B5: B5-20×16×75
4,6,8,11,13	Токарна	Nexturn SA38e	Прохідний різець: DDJNR 1616H11	Різцетримач радіальний довгий, тип B5: B5-20×16×75
6,8	Токарна	Nexturn SA38e	Прохідний різець: SCACR 1616H09	Різцетримач радіальний довгий, тип B5: B5-20×16×75
11	Токарна	Nexturn SA38e	Різбовий різець: CER 1616H16	Різцетримач радіальний короткий, тип B1: B1-20×16×55
16,17,18,19	Фрезерувальна	Nexturn SA38e	Фреза кінцева: MP10-10055-010.00	Головка DA20180916
20,21	Свердлильна	Nexturn SA38e	Свердло комбіноване	Головка DA20180916

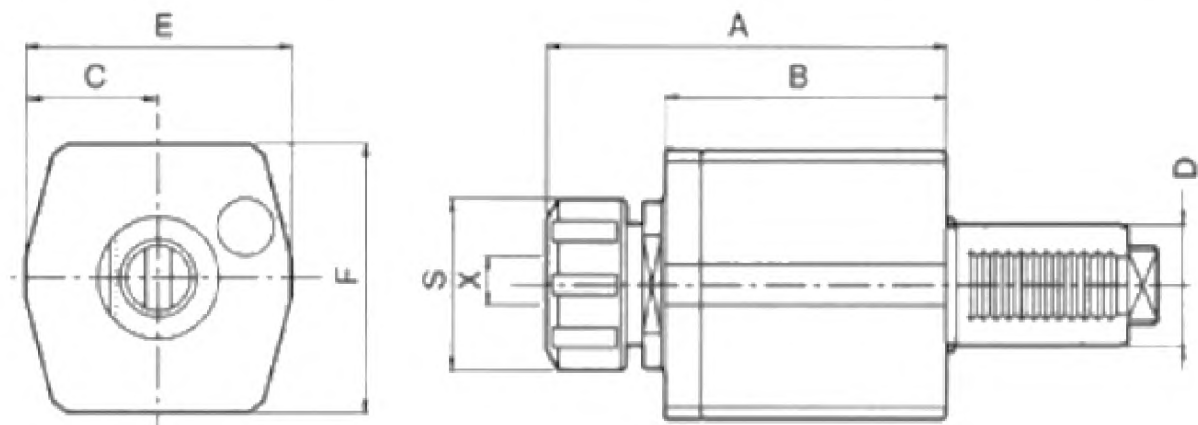


Рисунок 3.9 – Осьова свердлильно-фрезерна головка DA20180916

					КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Геометричні параметри:  $S=32$  мм;  $i=1:1$ ;  $A=76$  мм;  $B=48$  мм;  $C=25$  мм;  $E=50$  мм;  $F=50$  мм;  $D=20$ .

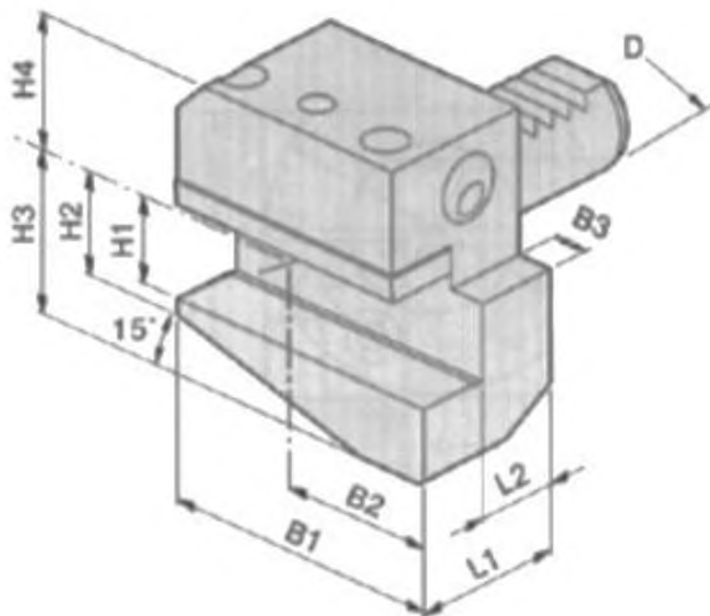


Рисунок 3.10 – Радіальний різцетримач форми В1, правий короткий

Геометричні параметри:  $D=20$  мм;  $B_1=75$  мм;  $B_2=50$  мм;  $B_3=7$  мм;  $H_1=16$  мм;  $H_2=19$  мм;  $H_3=30$  мм;  $H_4=25$  мм;  $L_1=30$  мм;  $L_2=16$  мм;

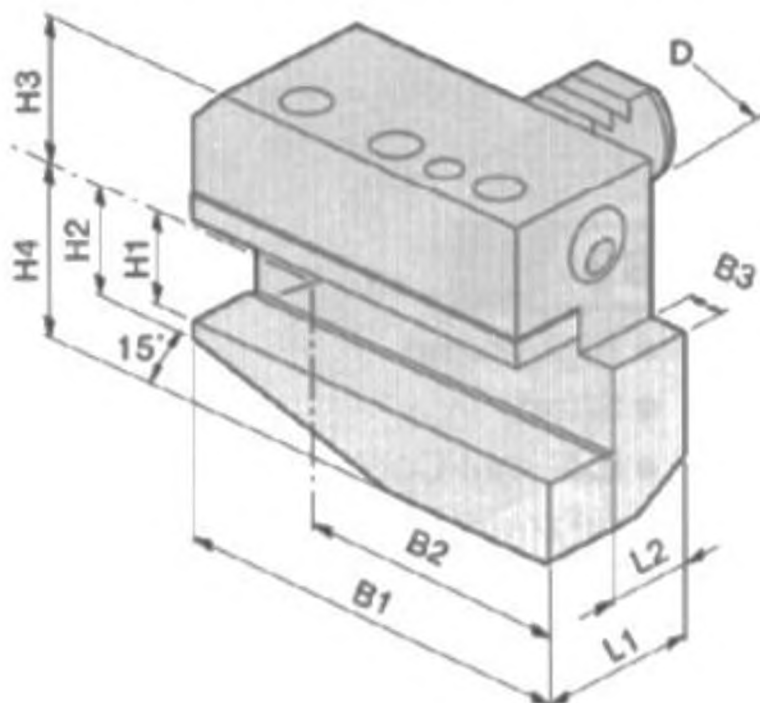


Рисунок 3.11 – Радіальний різцетримач форми В5, правий довгий

Геометричні параметри:  $D=20$  мм;  $B_1=75$  мм;  $B_2=50$  мм;  $B_3=7$  мм;  $H_1=16$  мм;  $H_2=19$  мм;  $H_3=30$  мм;  $H_4=25$  мм;  $L_1=30$  мм;  $L_2=16$  мм.

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	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 – свердло-цековка.

Вихідні дані:

- номінальний діаметр меншого отвору  $D_1=4$  мм;
- номінальний діаметр більшого отвору  $D_2=6$  мм;
- довжина свердління першої ступені  $l_1=46$  мм;
- довжина свердління другої ступені  $l_2=15$  мм;
- оброблюємий матеріал – Сталь 45.

Приймаємо матеріал свердла – швидкоріжуча сталь марки Р6М5 ДСТУ 7304:2013.

#### 4.1.1 Визначення геометричних параметрів ріжучої частини

Для обробляється матеріалу Чавун НВ 180 приймаємо головний кут в плані  $\varphi=20^0\pm 2^0$ ;

Задній кут приймаємо  $\alpha=32^0\pm 1^0$ ;

Кут нахилу стружкової канавки приймаємо  $\omega=30^0\pm 1^0$ .

Крок гвинтових канавок

$$H = \frac{\pi D}{\operatorname{tg} \omega},$$

$$H_1 = \frac{3,14 \cdot 4}{30^\circ} = 22 \text{ мм}, \quad H_2 = \frac{3,14 \cdot 6}{30^\circ} = 33 \text{ мм},$$

Кут нахилу поперечної ріжучої кромки  $\psi=50^0$

#### 4.1.2 Визначення розмірів поперечного перерізу свердла

Приймаємо клас точності свердла А1

Зворотній конусність 0,1 на 100 мм довжини.

Діаметр ступенів свердла:

$$d_1 = 4_{-0,033} \text{ мм}, \quad d_2 = 6_{-0,033} \text{ мм}.$$

Величина стрічки  $f$ .

$$f = (0,32 \dots 0,45) \sqrt{D}, \text{ мм}.$$

$$f_1 = 0,42 \sqrt{4} = 0,84 \approx 1, \text{ мм}, \quad f_2 = 0,36 \sqrt{6} = 0,88 \approx 1, \text{ мм},$$

<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		<i>Степаненко</i>		
Перевір.		<i>Рязанцев</i>		
Реценз.				
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>		
<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

Діаметр спинки свердла приймається рівним

$$q = (0,99 - 0,98)D, \text{ мм.}$$

$$q_1 = 0,98 \cdot 4 = 3,92 \text{ мм}, q_2 = 0,98 \cdot 6 = 5,88 \text{ мм.}$$

За технологічним міркувань висота стрічки повинна відповідати умові

$$0,1 < (D - q) < 2,5 \text{ мм,}$$

$$0,1 < 0,42 < 2,5 \text{ мм,}$$

$$0,1 < 0,44 < 2,5 \text{ мм.}$$

Умови виконуються.

Серцевина свердла.

Діаметр серцевини свердел з швидкорізальної сталі приймається рівним:

$$D_c = (0,145 - 0,125)D \text{ при } D > 1 \text{ мм.}$$

$$D_{c1} = 0,14 \cdot 4 = 0,6 \text{ мм;}$$

$$D_{c2} = 0,14 \cdot 6 = 0,84 \text{ мм.}$$

Профіль стружкової канавки.

Форма канавки повинна забезпечити міцність свердла, достатнє місце для розміщення стружки і її легкий відведення. Основними параметрами форми канавки є ширина канавки і криві сполучення.

$$\Theta = 90^\circ$$

Ширина лінії в нормальному перетині свердла дорівнює

$$B = D \cdot \sin \frac{180 - \Theta}{2} \text{ мм.}$$

$$B_2 = 4 \cdot \sin \frac{180 - 90}{2} = 2,82 \text{ мм}, B_2 = 6 \cdot \sin \frac{180 - 90}{2} = 4,24 \text{ мм.}$$

Криві сполучення канавки розглядаються в нормальному перетині калібрує свердла і визначають профіль Канавочні фрези. При спрощеному аналітичному способі розрахунку профіль канавки представляють двома радіусами сполучення  $R_k$  і  $r_k$ .

$$R_k = C_R \cdot C_T \cdot D, \text{ мм,}$$

де  $D$  – діаметр свердла, мм

$$C_{r1} = C_{r2} = \frac{0,026 \cdot 2\varphi \cdot \sqrt{2\varphi}}{\omega} = \frac{0,026 \cdot 120 \cdot \sqrt{120}}{30} = 0,512,$$

$$C_{r1} = C_{r2} = 1 - \text{з таблиць.}$$

$$R_{k1} = 0,512 \cdot 1 \cdot 4 = 2,04 \text{ мм}, R_{k2} = 0,512 \cdot 1 \cdot 6 = 3,07 \text{ мм.}$$

$$r_k = 0,015 \omega^{0,75} D.$$

$$r_{k1} = 0,015 \cdot 30^{0,75} \cdot 4 = 0,769 \text{ мм}, r_{k2} = 0,015 \cdot 30^{0,75} \cdot 6 = 1,153 \text{ мм.}$$

#### 4.1.3 Хвостовик свердла

Точність виготовлення хвостовика АТ7

Умова передачі крутного моменту:

$$M_{тр} \geq k M_{кр},$$

де  $M_{тр}$  - момент сил тертя, Нм,

$k$  – коефіцієнт запасу ( $k = 4 \dots 6$ ),

$M_{кр}$  - сумарний крутний момент різання, Нм.

Момент, створюваний силами тертя, визначається залежністю

					КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{кр} = \frac{\mu \cdot P_o D}{4 \sin \alpha} (1 - 0,04),$$

де  $\mu = 0,1$  - коефіцієнт тертя,

$P_o$  – сумарна осьова складова сили різання, Н,

$D$  – діаметр хвостовика, мм.

$$M_{кр} = 30,03 \text{ Н/мм}$$

#### 4.1.4 Довжина свердла

$$L = L_1 + L_2 + l_{хв} + l_{ш},$$

де  $L_1$  – довжина першого ступеня, мм,

$L_2$  – довжина другого ступеня, мм,

$l_{хв}$  – довжина хвостової частини, мм,

$l_{ш} = 10-15$  мм – довжина перехідної шийки.

Довжина першого ступеня:

$$L_1 = l_1 + l_k + l_{пер} + l_{зат},$$

де  $l_1 = 3$  мм – довжина першого ступеня оброблюваного отвору,

$l_k = 1$  мм – довжина ріжучої частини, мм,

$l_{пер} = 2$  мм – величина перебігаючи свердла,

$l_{зат} = 1,7D_1 = 1,7 \cdot 4 = 6,8$  мм – запас на переточування.

$L_1 = 3 + 1 + 2 + 6,8 = 12,8$ , приймаємо  $L_1 = 13$  мм.

Довжина другого ступеня дорівнює

$$L_2 = l_2 + l_k + l_r + l_{зат},$$

де  $l_2$  – довжина першого ступеня оброблюваного отвору,

$l_k = 1$  – довжина ріжучої частини,

$l_r = 0,5 \cdot D_2 = 0,5 \cdot 6 = 3$  мм – величина стружкової канавки неповної глибини,

необхідна для виходу фрези,

$l_{зат} = 1,7 \cdot D_2 = 1,7 \cdot 6 = 10,2$  мм – запас на переточування,

$D_2$  – діаметр другого ступеня свердла.

$$L_2 = 1 + 3 + 2 + 10,2 = 16,2, \text{ приймаємо } L_2 = 16 \text{ мм.}$$

$$L = 16 + 13 + 26 + 2 = 57 \text{ мм.}$$

#### 4.1.5 Перевірка свердла на стійкість

Для виключення небезпеки втрати стійкості повинно виконуватися умова

$$P_{кр} > kP_o,$$

де  $P_o$  – сумарна осьова сила різання, Н,

$k$  – коефіцієнт форми перемички,  $k = 1,3$  – при відсутності підточування перемички.

Критична стискаюча сила залежить від площі поперечного перерізу свердла і його вильоту і визначається за формулою

$$P_{кр} = \eta \frac{EI_{\min}}{(L_1 + L_2)^2},$$

де  $E = 2 \cdot 10^5$  МПа - модуль пружності матеріалу свердла,

$I_{\min} = 0,039D_1^4 = 9,984 \text{ мм}^4$  - мінімальний момент інерції перерізу свердла,

					КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l_1$  и  $l_2$  – довжини ступенів свердла, мм,  
 $\eta$  – коефіцієнт критичного навантаження

$$P_{кр} = 8,4 \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 9,984}{(13 + 16)^2} = 19944,2$$

$$19944,2 > 10848,35$$

Умова виконується

#### 4.1.6 Технічні вимоги

Параметр шорсткості задніх поверхонь і поверхонь стрічок свердла з швидкорізальної сталі не повинен перевищувати  $Ra = 0,63$ ;

Допустиме радіальне биття 0,15 мм;

Допустиме осьове биття 0,3 мм.

#### 4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Для проведення аналізу спроектованого інструменту використовуємо SolidWorks Simulation з методом кінцевих елементів. Початкові дані та прикладені зусилля представлені на рисунку 4.1.

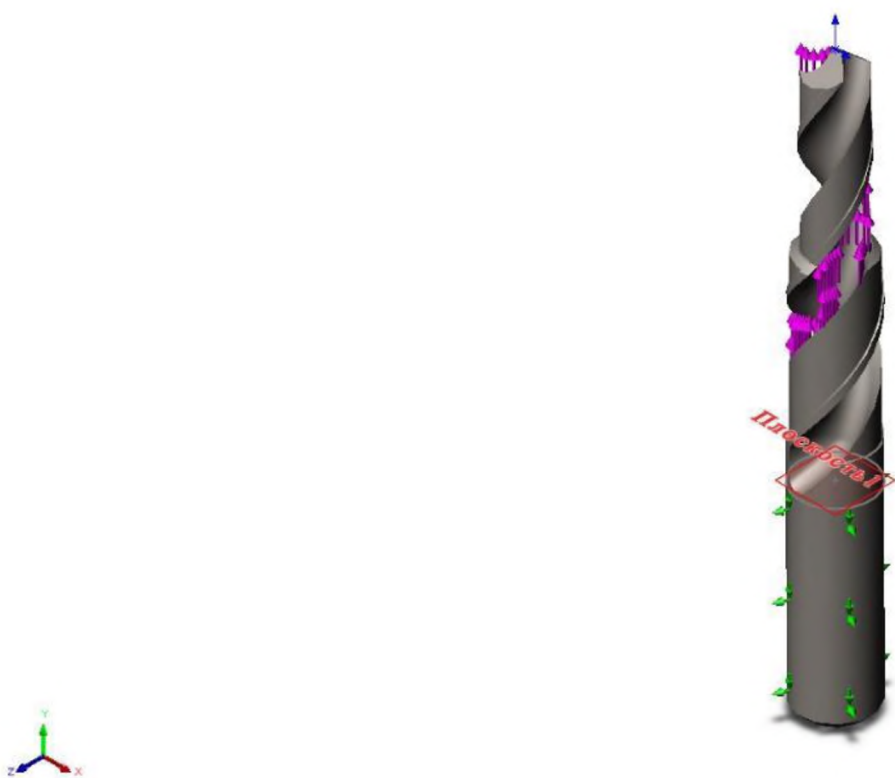


Рисунок 4.1 – Початкові дані (прикладення сили та фіксація) для розрахунку

Після цього проводимо аналіз стійкості кінцевих елементів на інструменті, як зображено на рисунку 4.2.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Имя модели: Сверло комбиноване 7-9  
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
 Тип сетки: Сетка на твердом теле

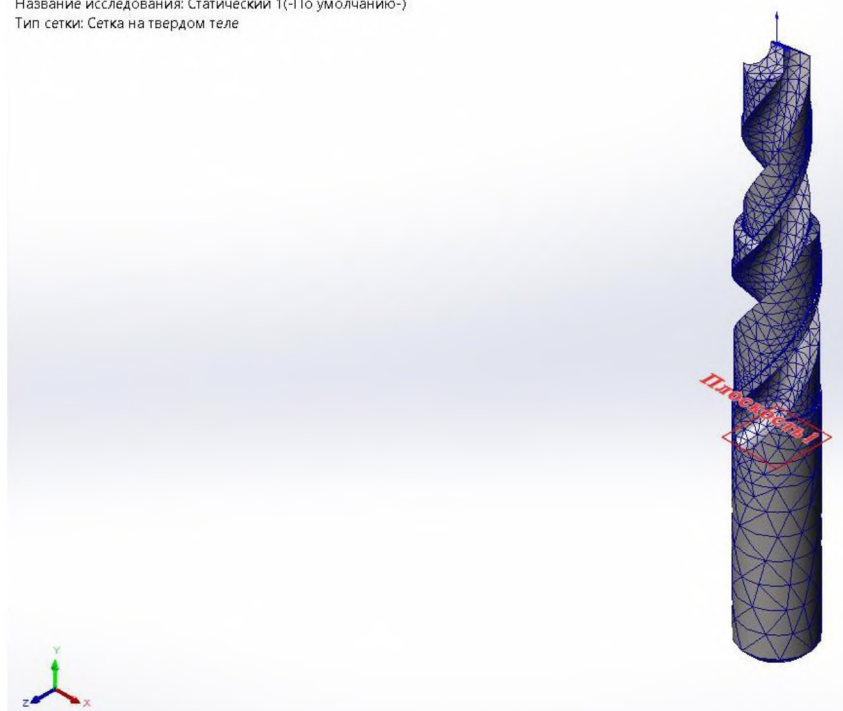


Рисунок 4.2 – Отримана сітка кінцевих елементів інструменту

Після виконання цих кроків виконується запуск дослідження, результати якого представлені на рисунках 4.3-4.5.

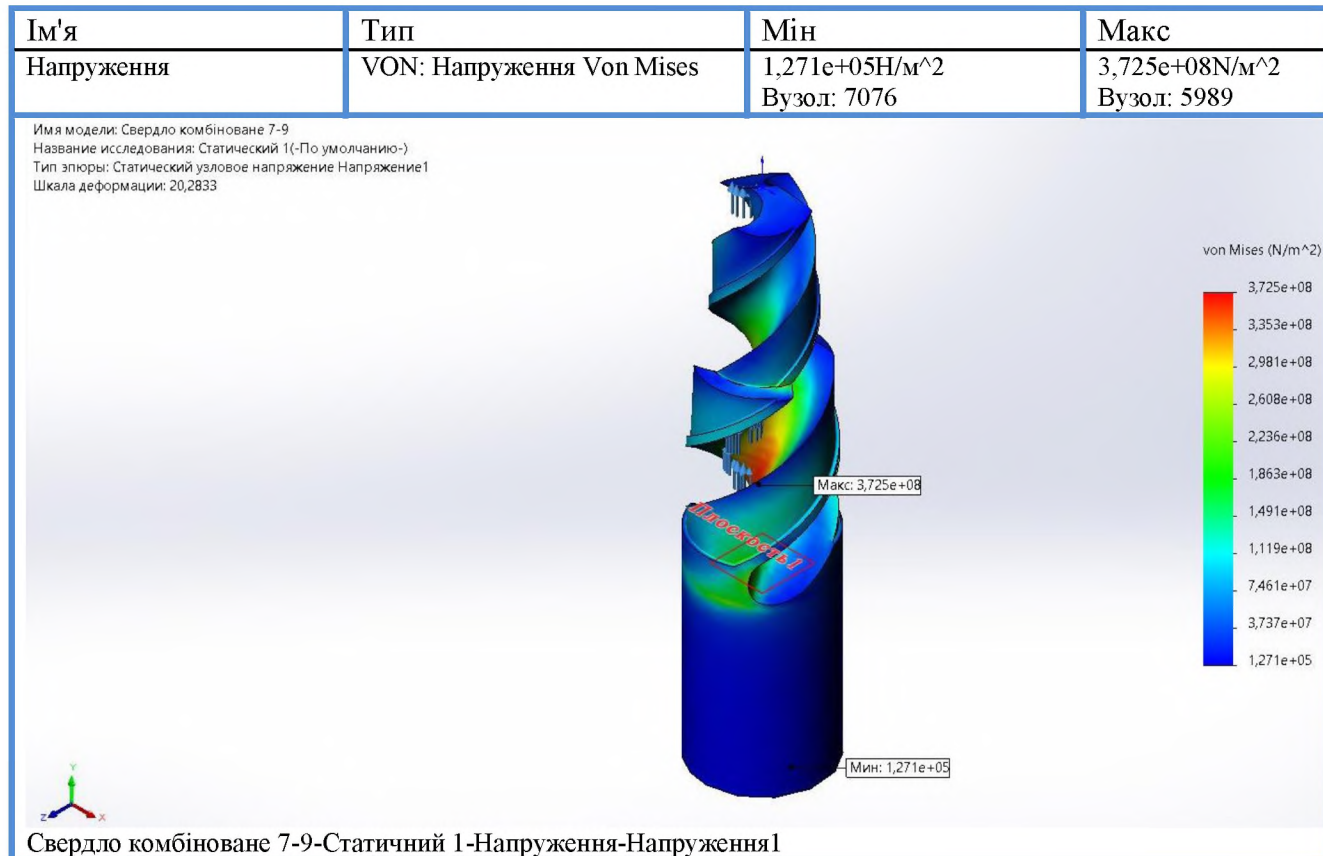


Рисунок 4.3 – Результат дослідження – епюра Напруження

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

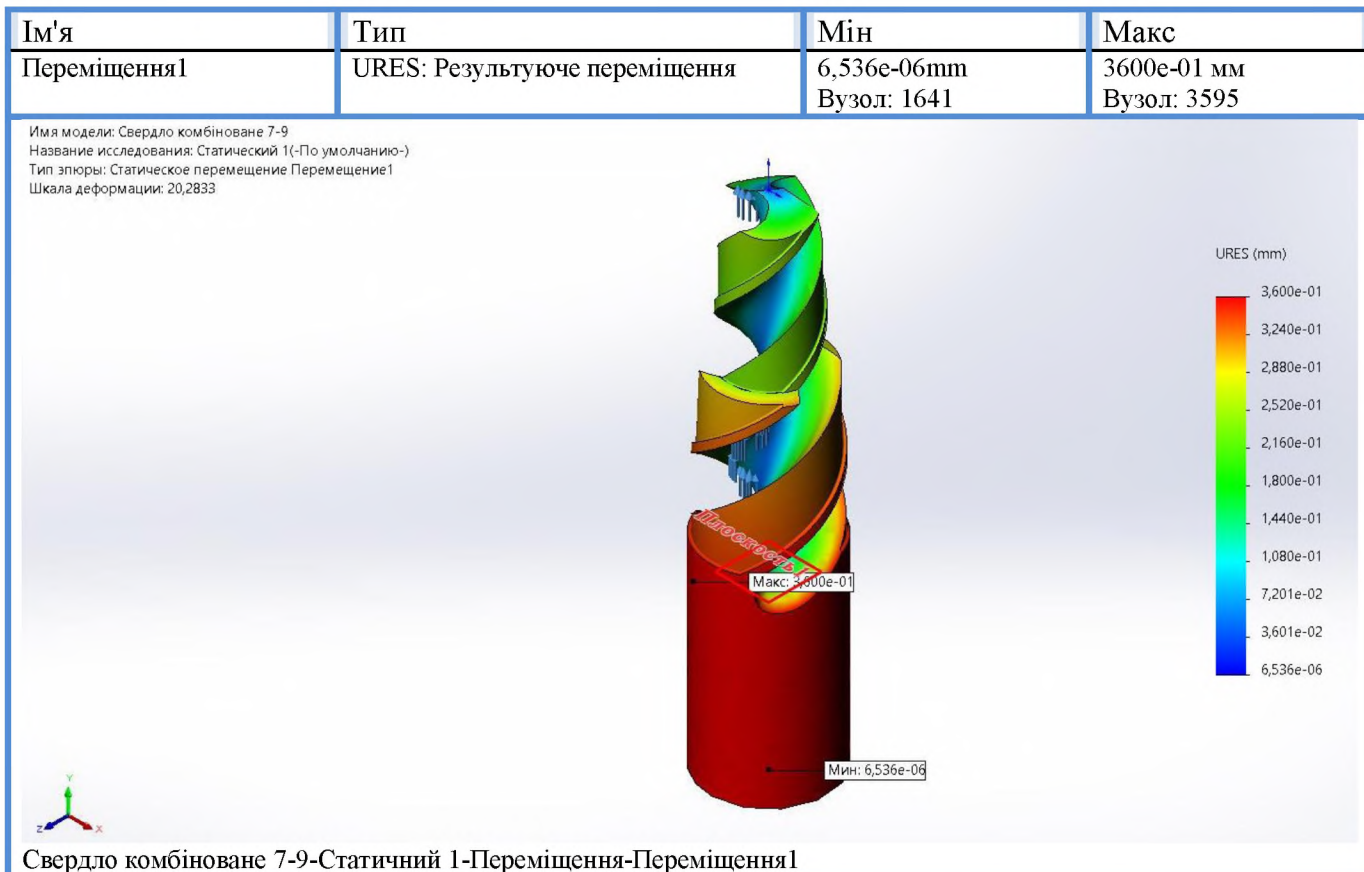


Рисунок 4.4 – Результат дослідження – еюра Переміщення

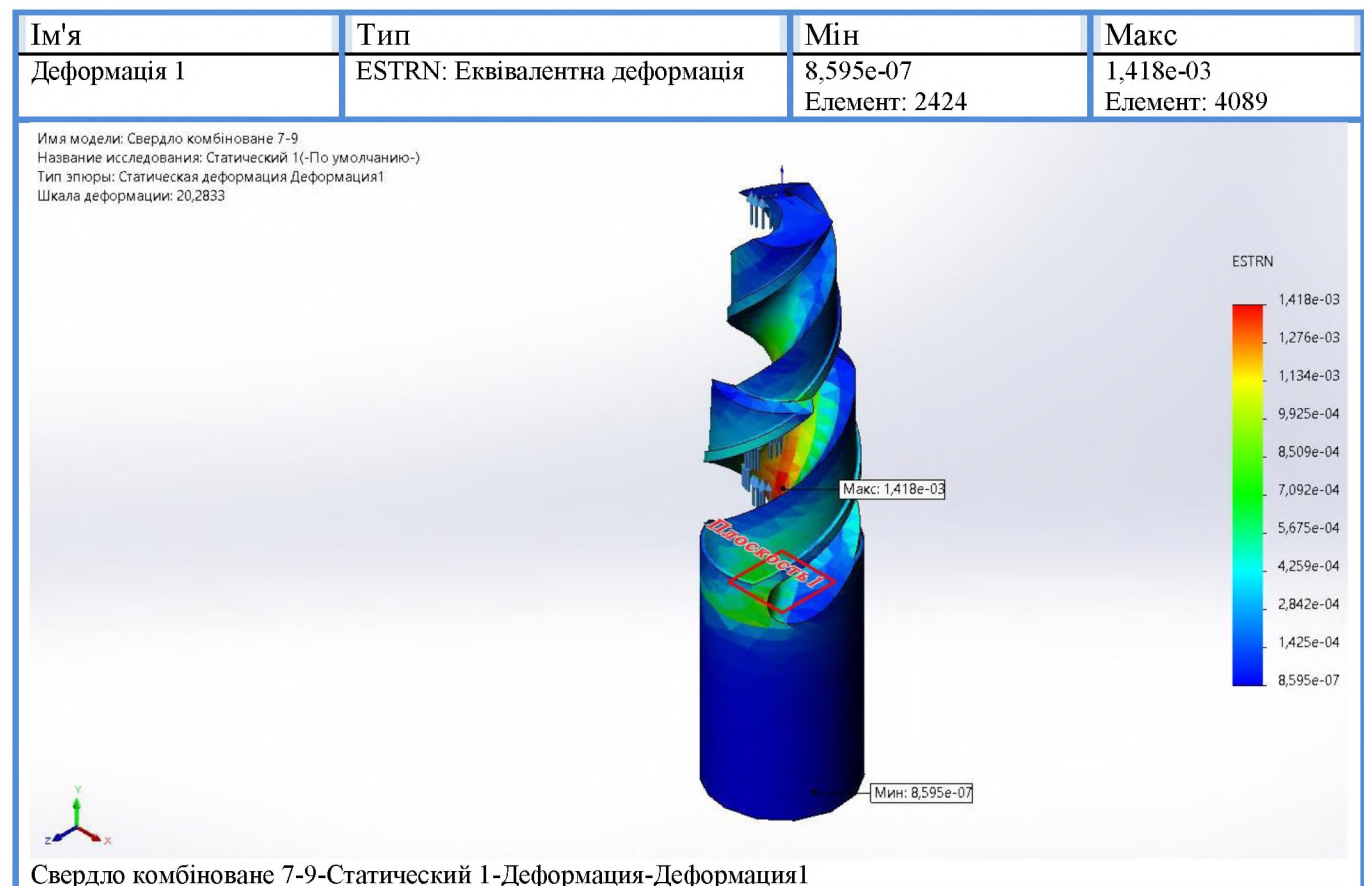


Рисунок 4.5 – Результат дослідження – еюра Деформація

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку 4.3 відображені результати щодо напруження, на рисунку 4.4 – переміщення, а на рисунку 4.5 – деформація.

Аналізуючи отримані дані, можна виявити найбільш слабкі місця в спроектованому інструменті та прогнозувати його можливі поломки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.04.ПІАРІ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

### 5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Виконаємо розробку програмного керування для токарної операції обробки деталі «Вісь ексцентрикова» на токарному автоматі повздовжнього точіння з використанням ЧПК Nexturn SA38e. У попередньому розділі ми вже оглянули цей верстат і представили його загальний вигляд (див. рис. 2.3) та технічні характеристики. Розробку та моделювання процесу обробки ми плануємо виконати з використанням програмного забезпечення Autodesk Feature CAM. Обраний нами верстат оснащений системою ЧПК Fanuc 0i-TD.

Система числового програмного керування (CNC) Fanuc 0i-TD є популярним вибором у своєму класі, широко використовується на верстатах з різними типами обробки, включаючи токарні верстати. Ось ключові технічні характеристики та функціональні особливості цієї системи:

1. Контролер: Fanuc 0i-TD оснащений потужним контролером, який керує всіма аспектами роботи верстата.

2. Керування: Ця система працює на базі контролерів 0i серії від Fanuc, забезпечуючи високу швидкість обробки команд та точність управління.

3. Програмування: Вона підтримує різні методи програмування, включаючи використання G-кодів, M-кодів, ISO програмування, а також може користуватися спеціалізованими програмами для створення та редагування програм.

4. Екран: Великий кольоровий LCD екран з інтуїтивним інтерфейсом спрощує процес налаштування та моніторингу роботи верстата.

5. Комунікація: Підтримка різних інтерфейсів для зв'язку з іншими системами, включаючи Ethernet, USB та RS-232.

6. Діагностика та обслуговування: Fanuc 0i-TD вміє виявляти проблеми та надає засоби для їх оперативного вирішення завдяки вбудованим засобам діагностики та системам попередження.

7. Функції безпеки: Вона оснащена різними функціями безпеки, які допомагають уникнути нещасних випадків під час роботи з верстатом.

8. Можливості розширення: Ця система підтримує різні опції та аксесуари, які можна встановлювати для розширення функціональності верстата згідно з конкретними потребами користувача.

Загалом, Fanuc 0i-TD є надійною та потужною системою керування, яка забезпечує високу якість обробки та ефективність роботи верстата.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.05.МПОМО</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						



## 5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Враховуючи конструкцію верстата та його систему числового програмування (ЧПК), і використовуючи рекомендований інструмент для різання, ми виконаємо процес моделювання у програмному засобі Autodesk FeatureCAM. Цей процес призведе до створення керуючої програми. Всі етапи розробки та моделювання зображені на малюнках 5.1-5.5.

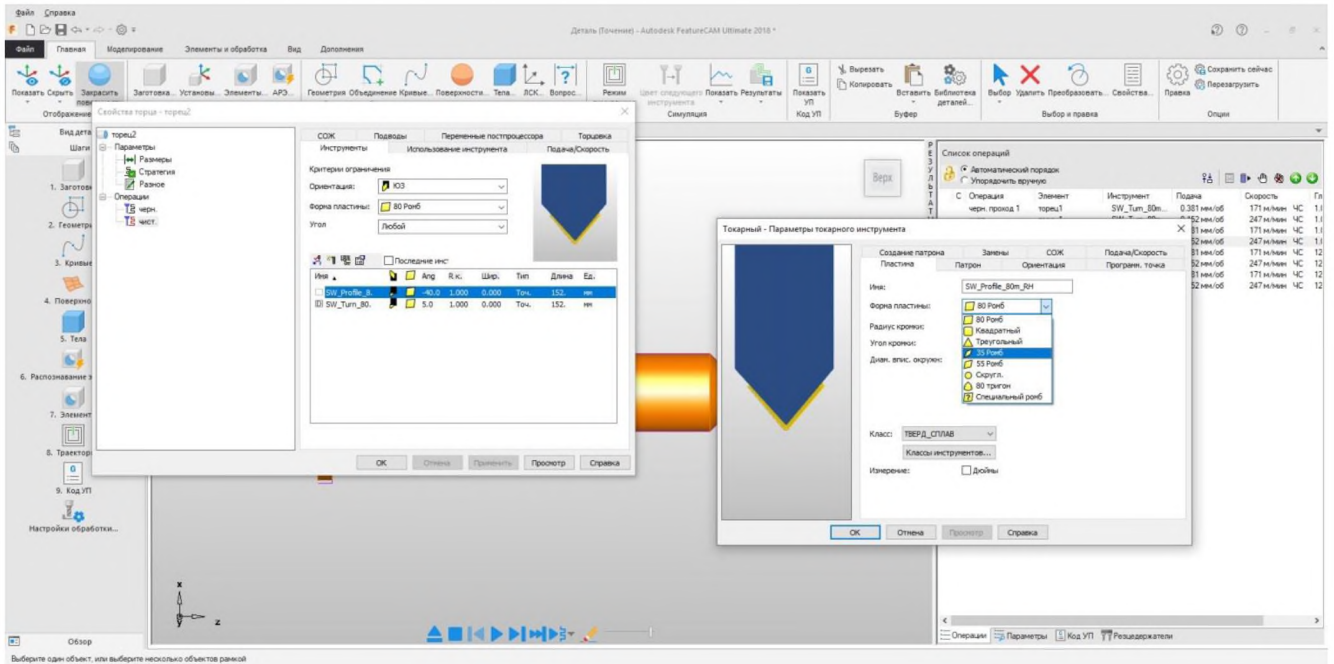


Рисунок 5.1 – Вибір інструменту для обробки вісі у Autodesk Feature CAM

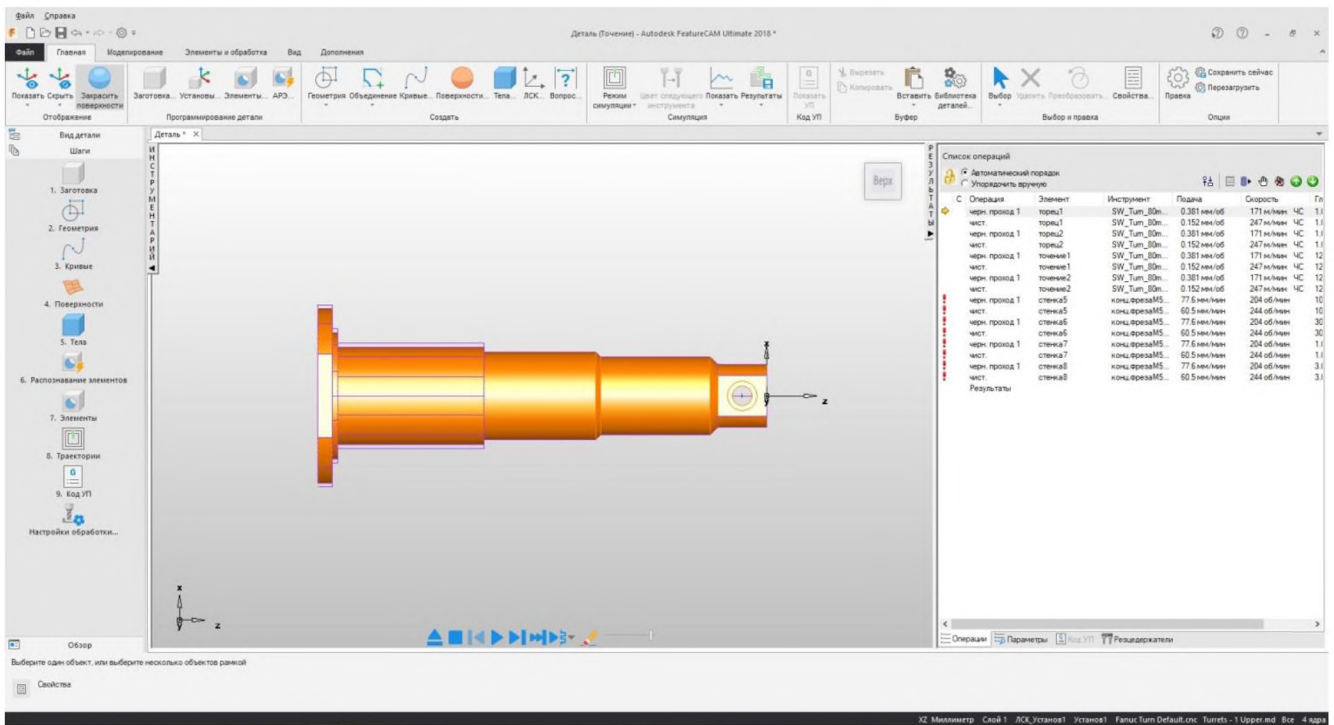


Рисунок 5.2 – Етапи обробки вісі

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-15.05.МПОМО					

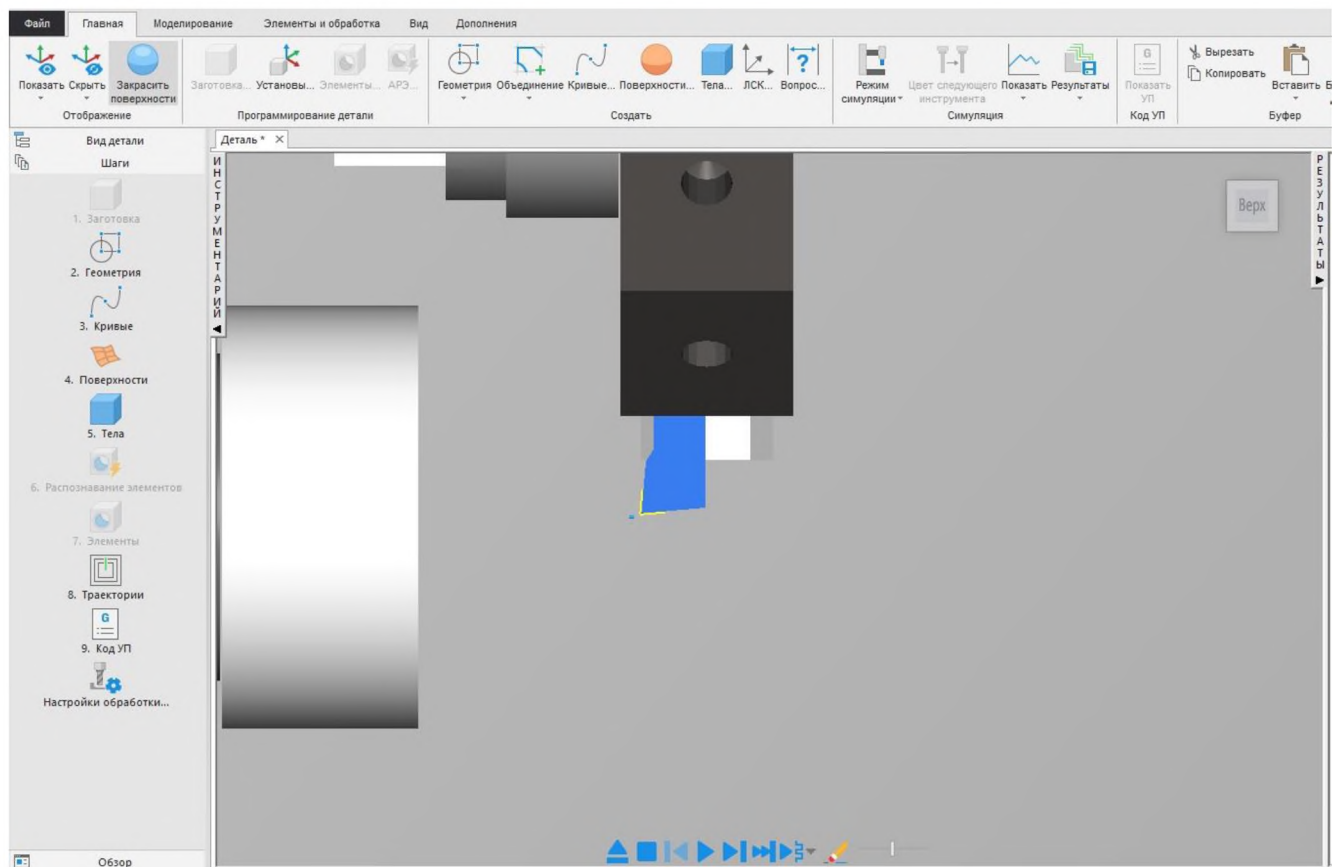


Рисунок 5.3 – Візуалізація процесу обробки – розташування різального інструменту у віртуальному верстаті

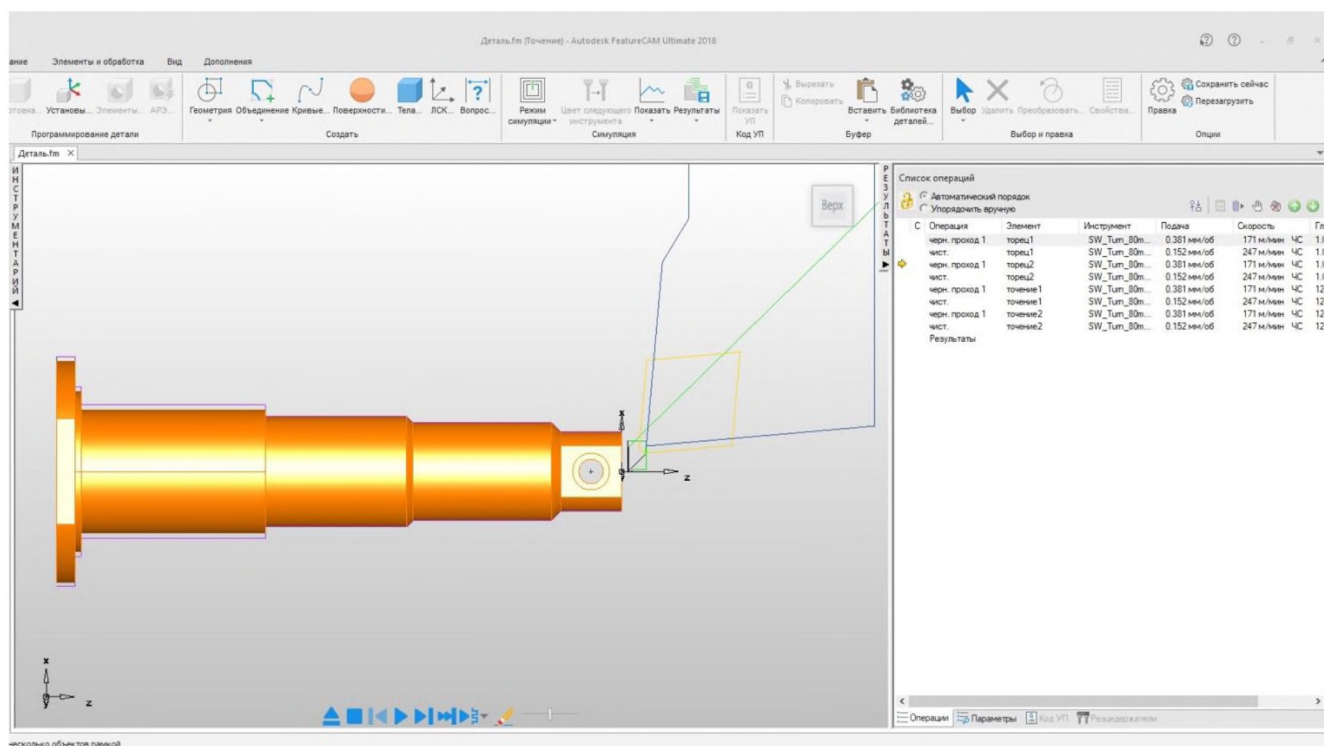


Рисунок 5.4 – Візуалізація процесу обробки з вікном переходів – точіння поверхні різцем

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-15.05.МПМО

Арк.

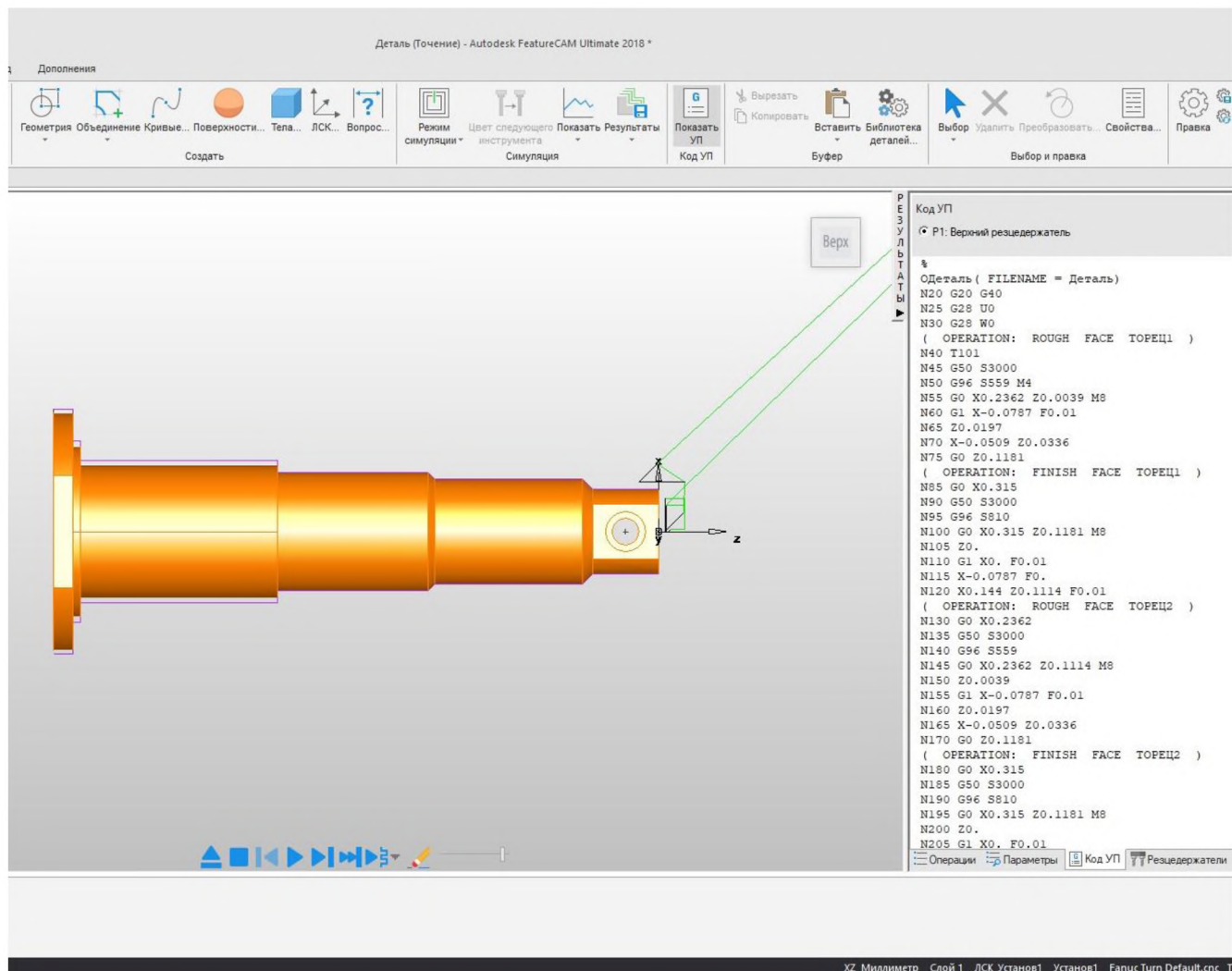


Рисунок 5.5 – Траектория руху інструменту та результуюча керуюча програми по обробці вісі (фрагмент)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.05.МПМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

## 6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо розрахунок собівартості та терміну окупності для двох варіантів обробки деталі «Вісь ексцентрикова». Використовуючи прикладну програму, розроблену на кафедрі, визначимо економічну доцільність заміни верстатів у технологічному процесі. Замість двох базових верстатів - токарно-гвинторізного 16К20 для чорнової обробки та токарного з ЧПК 16К30Ф3 для чистової обробки – розглянемо можливість використання токарного автомату повздовжнього точіння з ЧПК Nexturn SA38e. Початкові дані та результати розрахунків представлені на рис. 6.1-6.4.

**Входные данные**

Перед началом ввода убедитесь, что включена АНГЛИЙСКАЯ РАСКЛАДКА КЛАВИАТУРЫ и включен NUM LOCK. Затем с помощью правой цифровой панели клавиатуры введите требуемые данные. Для перехода в следующее поле используйте клавишу TAB...

	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
<b>Трудоёмкость</b>		
Годовой объём выпуска деталей, шт	1500	1500
Штучное время обработки детали, мин	142	125
<b>Время настройки станка в течение года</b>		
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	125	60.5
<b>Время настройки инструмента вне станка на протяжении года</b>		
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	14	4
Среднее количество граней пластинки, шт	1	3
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90
<b>Количество станочников</b>		
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2
<b>Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ</b>		
Эффективный годовой фонд времени работы станка	3955	3955
Коэффициент загрузки станка	0.8	0.88
<b>Балансовая стоимость станка</b>		
Оптовая цена станка	379000	3192000
<b>Масса станка, т</b>	11	3.5

Buttons: Далее, Назад, Выход

Рисунок 6.1 – Внесення вихідних даних для розрахунку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.06.0ЕПВ</i>			
Розроб.		<i>Степаненко</i>			<i>організаційно- економічна підготовка виробництва</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Рязанцев</i>						
Реценз.								
Н. Контр.		<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
Зав. каф.		<i>Нечасів</i>						

Входные данные		
<b>Стоимость помещения</b>		
Площадь станка по габаритам	16.6	2.95
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	3	4
Площадь устройства ЧПУ, м	1.8	2
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	1595	1595
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	4
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	318	318
<b>Стоимость разработки ПУ</b>		
Стоимость разработки ПУ, грн.	800	1500
<b>Оборотные средства в незавершённом производстве</b>		
Стоимость заготовки Sзаг, грн.	923	923
<b>Себестоимость обработки</b>		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	13000	14000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	15500	15500
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	11000	11000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	12000	12000
<b>Затраты на подготовку и обновление ПУ, грн.</b>		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	3
<b>Затраты на ремонт и ТО оборудования</b>		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	21
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	15	42

Рисунок 6.2 – Продолжения введения данных розрахунку

Входные данные		
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	130.1	140.3
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	27.4	47.7
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1.2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	595	595
<b>Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.</b>		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт УЧПУ, грн.	3790	6790

Рисунок 6.3 – Введения конечных данных

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

Согласно расчётам по введённым данным годовой экономический эффект от введения станка с ЧПУ составит

20600534 грн

Срок окупаемости, лет

2,19 лет

Разработано на основе "Методических указаний ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ".

Составители: проф. Маругов В.А.; ст. преп. Цывинда Н.И., Криворожский Технический Университет

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.4 – Результаты розрахунків

Як показують останні результати розрахунків, термін окупності заміни двох верстатів на один сучасний з ЧПК становить 2,19 роки. Таким чином, вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Вісь ексцентрикова» призведе до зниження собівартості обробки і є економічно виправданим (економічний ефект – 20600534 грн).

## 6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Машинобудування є ключовою галуззю промисловості, без продукції якої не може обійтися жодна сфера народного господарства України. Асортимент продукції в цій галузі вражає своєю різноманітністю, що обумовлює значну диференціацію її підгалузей. В процесі матеріального виробництва використовується значно більше сировини, ніж виготовляється готової продукції. Машинобудування має багатогалузеву структуру, яка включає важке, електротехнічне, радіоелектронне та транспортне машинобудування, і кожна з цих галузей має свої екологічні особливості, такі як склад та кількість відходів, токсичність забруднень, режими їх викидів в атмосферу тощо.

Підприємства машинобудування щорічно використовують приблизно 3,5 млрд м<sup>3</sup> свіжої води. У системах оборотного та повторно-послідовного водопостачання використовується близько 12 млрд м<sup>3</sup> води, що дозволяє економити 80% свіжої води (у порівнянні з 77,5% в цілому по промисловості України). Щорічно скидається близько 2 млрд м<sup>3</sup> стічних вод у поверхневі водойми, з яких 0,95 млрд м<sup>3</sup> є забрудненими, що становить майже 10% від загального обсягу забруднених стічних вод усієї промисловості України. Водночас частка нормативно-очищених стічних вод, що скидаються у водойми, залишається низькою (близько 20%).

Стічні води підприємств машинобудівної галузі містять нафтопродукти з мастильно-охолоджуючих рідин та розчинів знежирення, іони важких металів з

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

гальванічних виробництв та безліч інших шкідливих сполук. Гальванічне виробництво є одним з основних джерел утворення стічних вод у машинобудуванні, де для обробки та промивання деталей використовується значний обсяг води. Тут застосовуються такі технологічні процеси, як нікелювання, цинкування, хромування, сріблення, міднення тощо, що супроводжується викидами небезпечних речовин, таких як ртуть, свинець, кадмій, вісмут, нікель, цинк та інші.

Машинобудівна галузь відповідальна за 32% викидів у довкілля. Очисним обладнанням оснащено лише 30-50% підприємств галузі, що призводить до того, що в деяких промислових районах концентрації забруднюючих речовин значно перевищують допустимі санітарні норми.

Ливарне виробництво належить до найнебезпечніших виробництв з екологічної точки зору. Найбільш небезпечними забруднювачами тут є оксид та діоксид сірки, оксиди азоту, а також тверді речовини, що входять до складу ливарних форм. Викиди від виробництва 1 тонни деталей з чавуну та сталі включають 250 кг окису вуглецю, 50 кг пилу, 2 кг оксидів азоту та сірки, а також 1,5 кг інших шкідливих речовин (аміак, формальдегід, фенол, ціаніди). У водойми потрапляє 3 м<sup>3</sup> стічних вод та 6 тонн твердих відходів у вигляді відпрацьованих формувальних сумішей.

Основними джерелами пило- та газовиділень в атмосферу в ливарних цехах є вагранки, електродугові та індукційні печі, ділянки складування та переробки шихти й формувальних матеріалів, а також ділянки вибивання та очищення лиття.

Найбільш екологічно небезпечними забруднювачами при металообробці є індустріальні олії, металевий пил та інші речовини. Механічна обробка металів на верстатах супроводжується утворенням пилу, стружки, туманів олій та емульсій. Під час роботи металорізального обладнання із застосуванням мастильно-охолоджуючих рідин (емульсій, масел) повітря забруднюється аерозолями цих речовин. За одну годину роботи металорізального верстата на 1 кВт потужності електродвигуна виділяється 0,2 г масляного туману або 6,3 мг туману емульсолу та 150 г парів води. Пил, що утворюється в процесі абразивної обробки, складається на 30-40% з матеріалу абразивного кола і на 60-70% з матеріалу оброблюваного виробу. Кількість пилу залежить від розмірів і твердості оброблюваного матеріалу, діаметра кола (чим більший діаметр, тим більше пилу: при діаметрі 300 мм – 155 г/год, при 900 мм – 310 г/год) та окружної швидкості кола, а також способу подачі виробу.

Лакофарбове виробництво також є дуже небезпечним з екологічної точки зору. До складу лаків і фарб, що використовуються в технологічних процесах, входить близько 40 шкідливих речовин, таких як свинець, дихлоретан, гексаметилендіамін, епіхлоргідрин, трикрезилфосфат та інші.

Зварювальне виробництво виділяє шкідливі пари зварювальної аерозолі, марганець, мідь та кремній, пари оксидів цинку та заліза, фториди та оксиди азоту. Одними з найнебезпечніших забруднювачів, що викидаються в атмосферу під час зварювальних робіт, є сполуки шестивалентного хрому. Найбільші виділення шкідливих речовин спостерігаються при ручному електродуговому зварюванні покритими електродами. При витраті 1 кг електродів у процесі

					КНУ.КБР.131.24.1-15.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



ручного дугового зварювання утворюється до 40 г пилу, 2 г фтористого водню, 1,5 г оксидів вуглецю та азоту, а при зварюванні чавунів – до 45 г пилу та 1,9 г фтористого водню. При напівавтоматичному та автоматичному зварюванні (у захисному середовищі чи без нього) загальна маса шкідливих речовин, що виділяються, зменшується в 1,5-2,0 рази, а при зварюванні під флюсом – у 4-6 разів. Зварювальний пил на 99% складається з частинок розміром від  $10^{-3}$  до 1 мкм. Хімічний склад забруднюючих речовин, що виділяються під час зварювання, залежить в основному від складу зварювальних матеріалів (дроту, покриттів, флюсів) і в меншій мірі від складу зварюваних металів. Зварювальний аерозоль включає сполуки марганцю, оксиди хрому, оксид кремнію, фториди та інші речовини.

Під час здійснення технологічних процесів на машинобудівному заводі утворюється до 260 кг відходів на 1 т металу. На деяких підприємствах ці відходи можуть складати до 50% маси оброблених заготовок, а при листовому штампуванні втрати металу можуть досягати 60%. Основними джерелами утворення відходів легованих сталей є металообробка (84%) та амортизаційний брухт (16%).

Тверді відходи машинобудівного виробництва включають амортизаційний брухт (від модернізації обладнання, інструментів, оснащення), стружку та тирсу металів, деревини, пластмас тощо, а також шлаки, золи, шлами, осади та пил (від систем очищення повітря тощо). Шлами з відстійників очисних споруд та прокатних цехів містять велику кількість твердих матеріалів, з концентрацією твердих частинок від 20 до 300 г/л.

Машинобудування є однією з найважливіших галузей світової промисловості, що визначає рівень розвитку промисловості кожної країни та загальний економічний рівень. Підприємства машинобудування негативно впливають на всі компоненти навколишнього середовища. У їхніх викидах містяться оксиди сірки, азоту, вуглецю, пил, шестивалентний хром, аміак, формальдегід, фенол, ціаніди та більше 30 інших речовин. Важливою проблемою є також забруднення водних ресурсів через стічні води, що містять важкі метали, нафтопродукти та інші шкідливі компоненти. Крім того, галузь характеризується великими обсягами відходів, більшість з яких не підлягає вторинному використанню.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-15.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

У рамках кваліфікаційної бакалаврської роботи було досліджено деталь «Вісь ексцентрикова», яка входить до складу зубчастого редуктору культиватору. Проведено аналіз вузла, до якого цей компонент належить. Розраховано параметри точності різьбового з'єднання.

Виходячи з поверхонь деталі, було підібрано всі необхідні металорізальні та допоміжні інструменти, а також спроектовано спеціальний інструмент – свердло-цековка. Проведено розрахунок міцності токарного різця, який використовується для чорнових операцій, оскільки він найбільш піддається руйнуванню.

Інженерний аналіз спеціального інструменту (свердло-цековка) проведено за допомогою програмного продукту SolidWorks. Обрано сучасне обладнання (верстати) та допоміжний інструмент для кріплення різального інструменту на верстаті. У програмному продукті FeatureCAM розроблено процес обробки деталі (токарна операція) та отримано керуючу програму.

Розрахунки техніко-економічних показників показали, що заміна двох універсальних верстатів на один токарний автомат повздовжнього точіння з ЧПК Nexturn SA38e є ефективною, а строк окупності складає 2,19 роки.

Також розроблено креслення та об'ємну модель деталі «Вісь ексцентрикова», налагодження верстату й інструменту, спеціального інструменту та його 3D-модель, а також моделювання процесу обробки.

					<i>КНУКБР.131.24.1-15.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Степаненко</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Реценз.</i>					<i>Висновки</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</i>					
					<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог «SECO Токарна обробка» 2009 р.
2. Каталог «SECO Фрезерування» 2009 р.
3. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие – М.: Машиностроение, 1990. – 448с.
4. 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.
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.131.24.1-15.СВД</i>					
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаних джерел</i>					
<i>Розроб.</i>		<i>Степаненко</i>						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>								
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>						<i>Каф. ТМ, гр. ПМ-20</i>		
<i>Зав. каф.</i>		<i>Нечаєв</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 «Вісь  
ексцентрикова» та його інженерний аналіз за допомогою САЕ систем

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Степаненко В.О.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

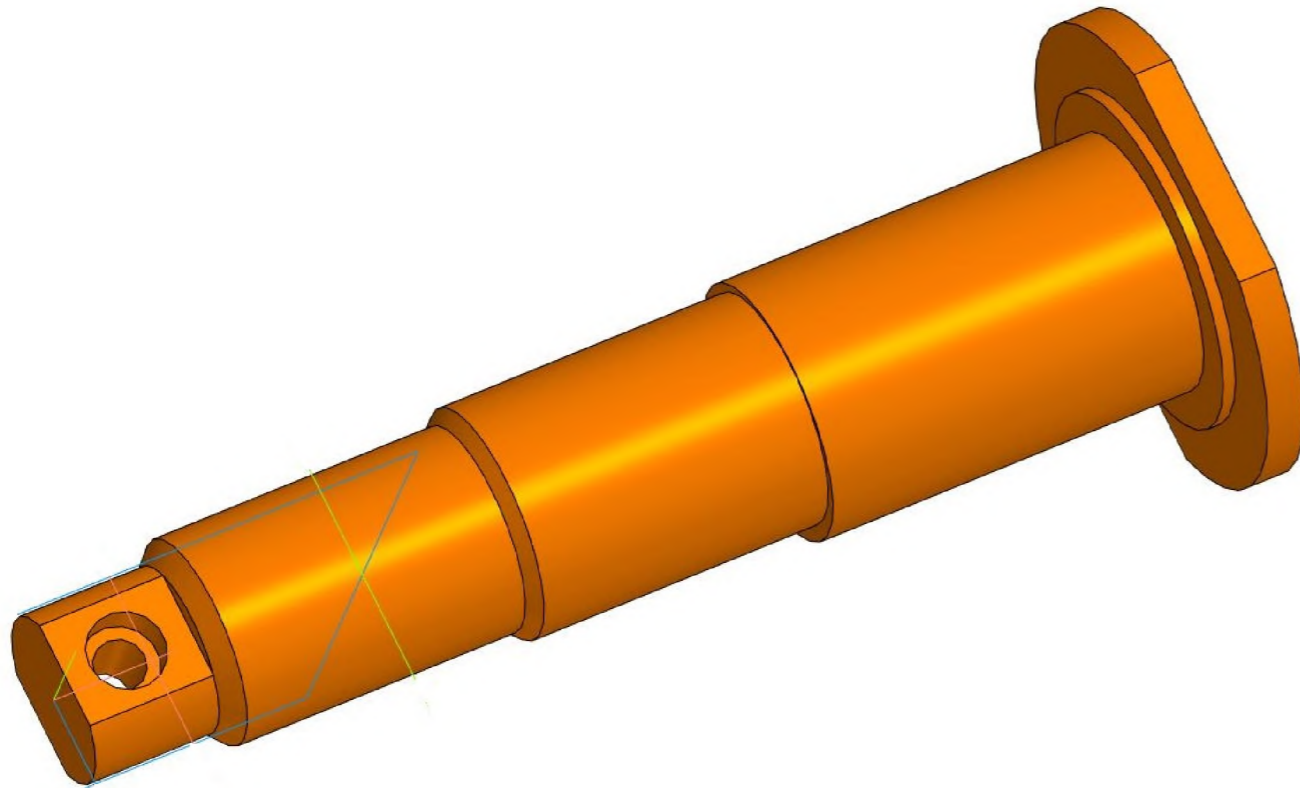
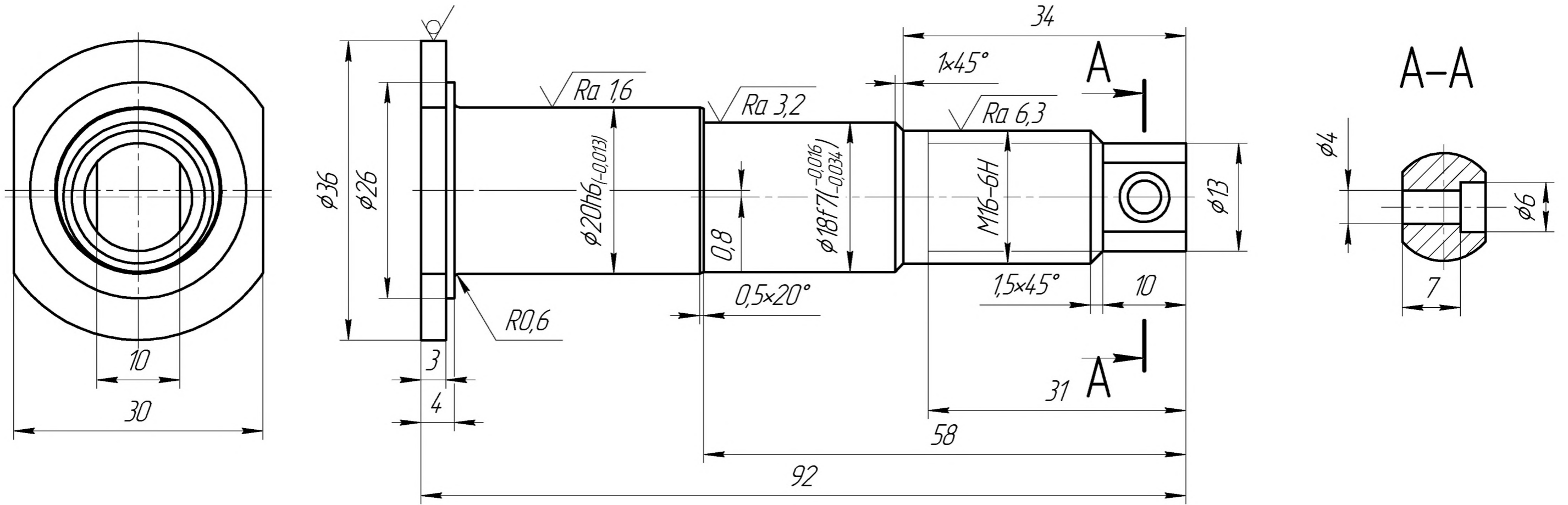
\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечасєв В.П.



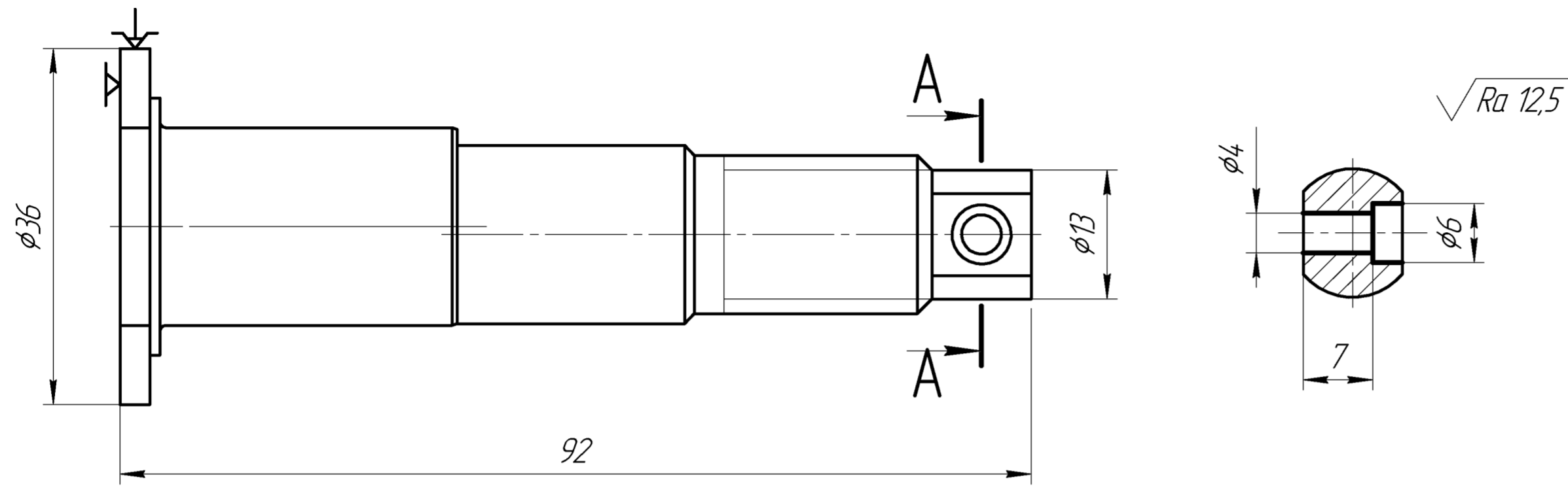
$\sqrt{Ra\ 12,5 (\checkmark)}$



1 Невказані граничні відхилення:  $H14, h14, \pm \frac{IT14}{2}$ .

				<b>КНУКБР.131.24.1-15.ВЕ</b>			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Вісь ексцентрикова</b>	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко				Н	0,2	2:1
Керівник	Рязанцев			Лист		Листів 1	
Н.контр.	Рязанцев			Сталь 45 ДСТУ 7806:2015			Кафедра ТМ гр. ПМ-20
Затв.	Нечаєв						

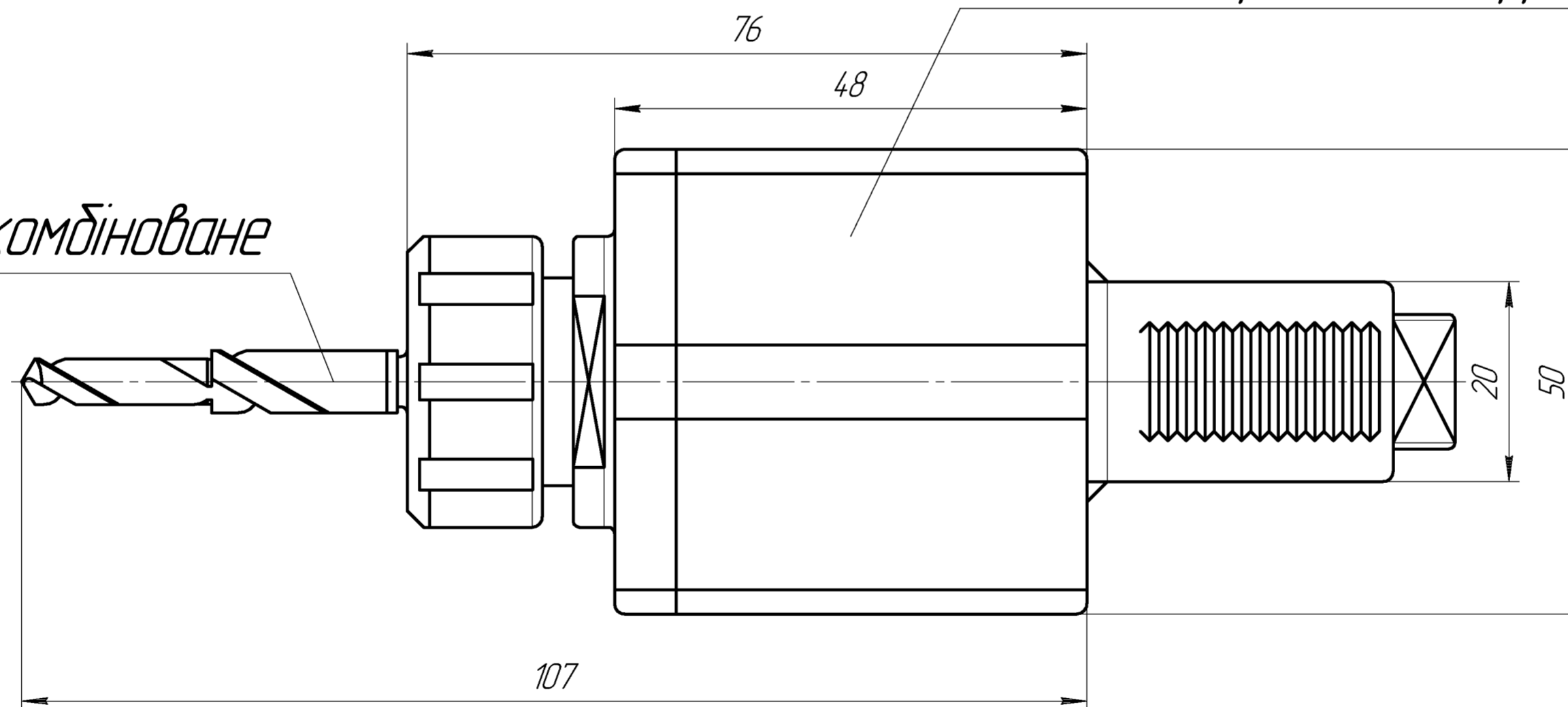
Операція свердлильна ЧПК. Верстат: токарний автомат NEXTURN SA 38E



T 01

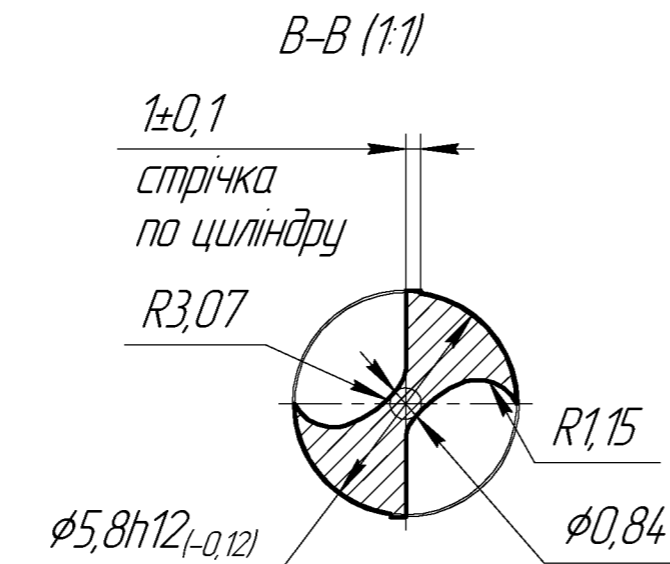
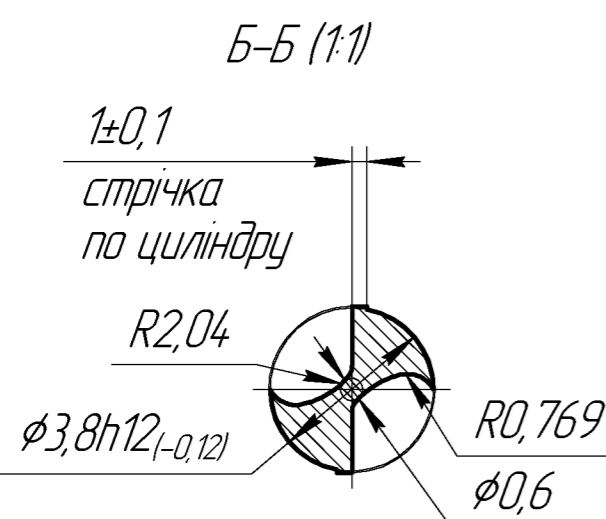
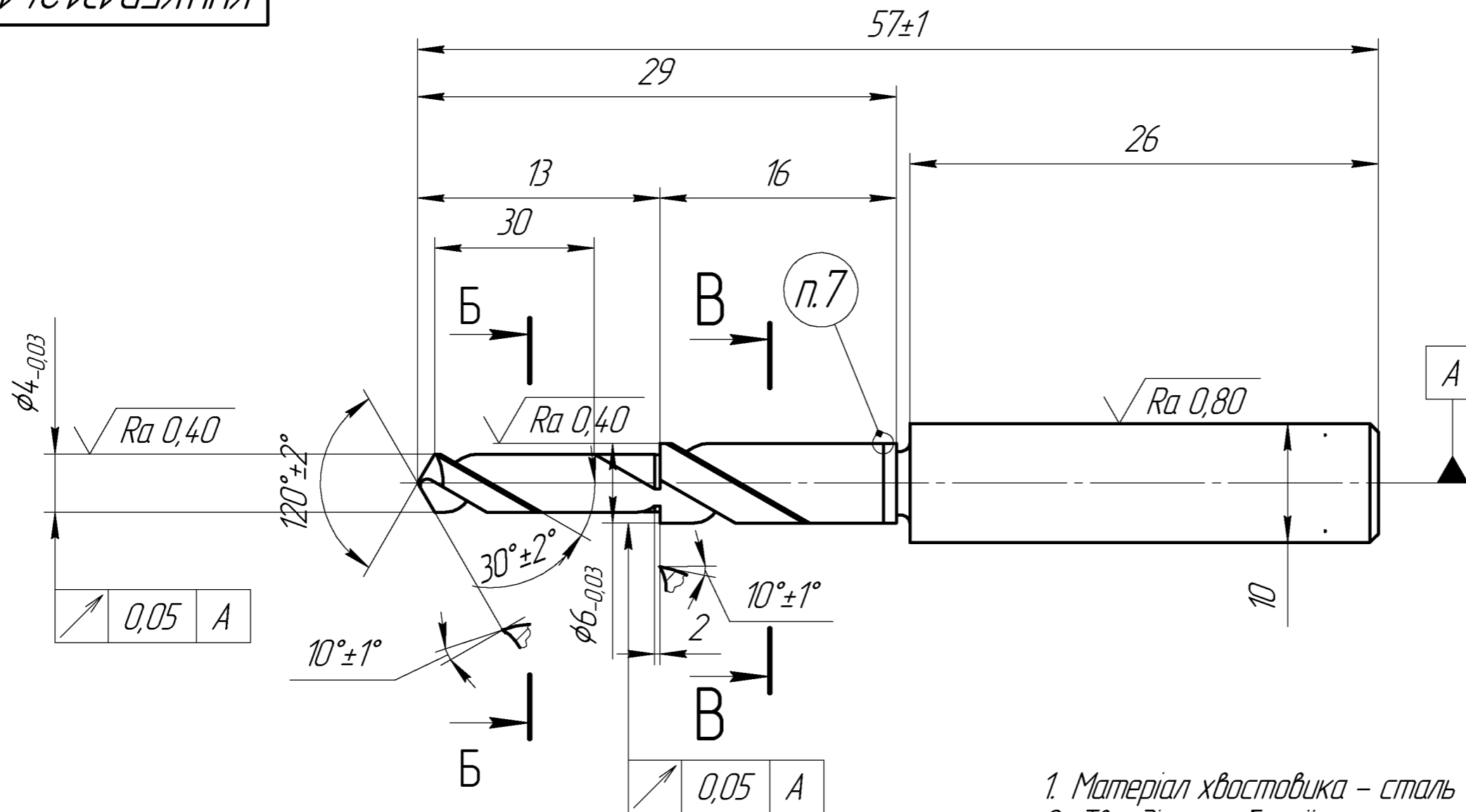
Осьова свердлильно-фрезерна голівка DA20180916

Свердло комбіноване



				КНУКБР.131.24.1-15.ВІН			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко				Н		2:1
Керівник	Рязанцев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев				Кафедра ТМ		
Затв.	Нечасів				гр. ПМ-20		



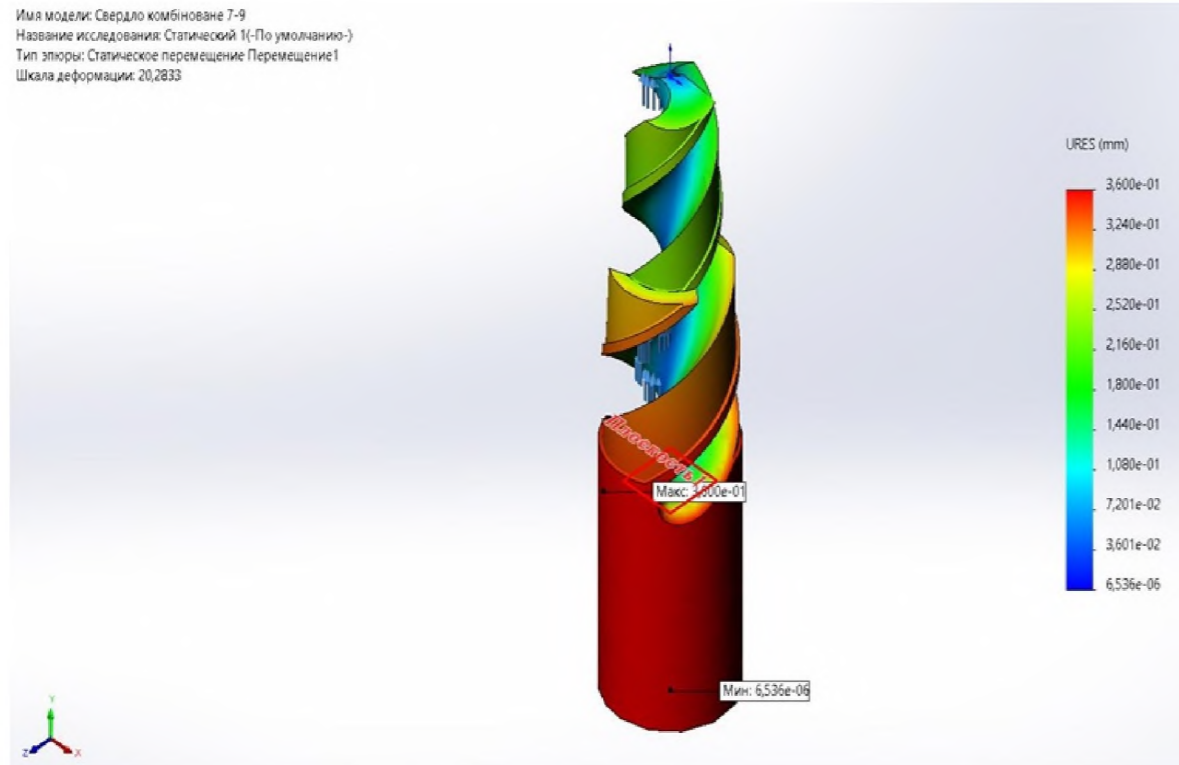


1. Матеріал хвостовика – сталь 45 ДСТУ 7806:2015.
2. Твердість робочої частини – HRC 62...65, хвостовика – HRC 35...40.
3. Невказані граничні відхилення розмірів: валов  $h14$ , отворів  $H14$ , інших  $\pm IT14/2$
4. воротня конусність на 100мм довжини робочої частини 0,005–0,12мм.
5. Потовщення серцевини по напрямленню до хвостовика 1,4...1,8мм на 100мм довжини робочої частини.
6. Маркувати: 4/6-Δ 90°-Р6М5
7. Кріплення робочої частини до хвостовика-зварювання тертям.

				КНУКБР.131.24.1-15.СК			
Зм. Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Свердло комбіноване	Лит.	Маса	Масштаб
Разробив	Керівник						
Н.контр.	Затв.			Сталь Р6М5 ДСТУ 7304:2013	Лист	Листів	
					Кафедра ТМ гр. ПМ-20		

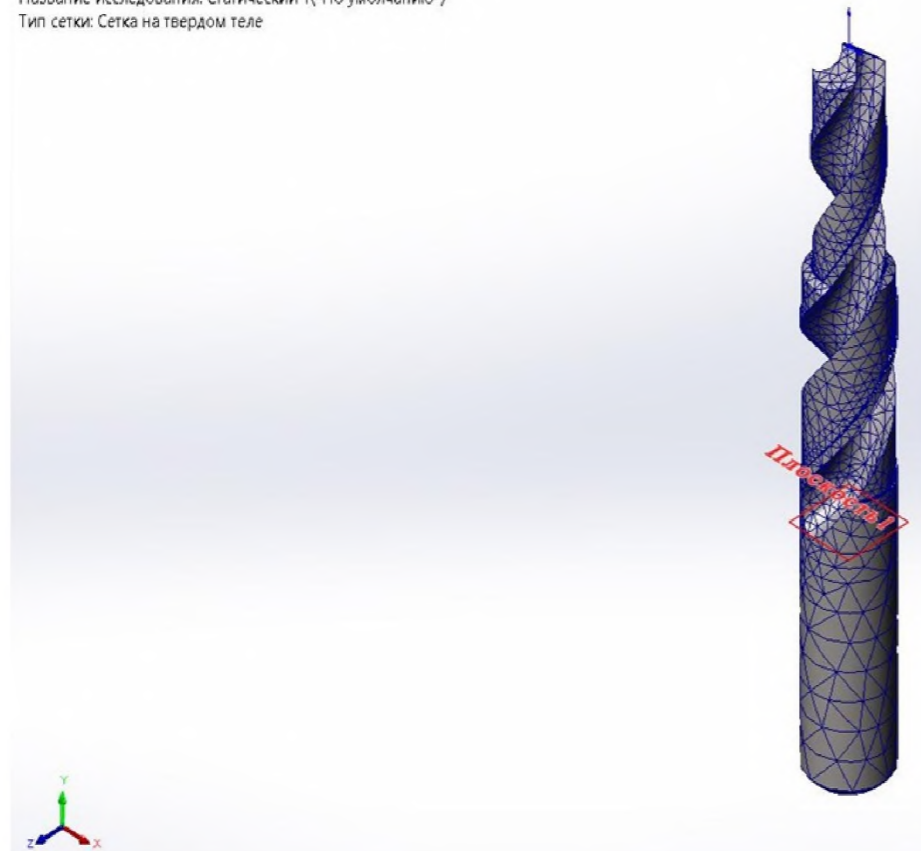
## Симуляція «Переміщення» в SolidWorks Simulation

Имя модели: Сверло комбіноване 7-9  
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
 Тип элторы: Статическое перемещение Перемещение1  
 Шкала деформации: 20,2833



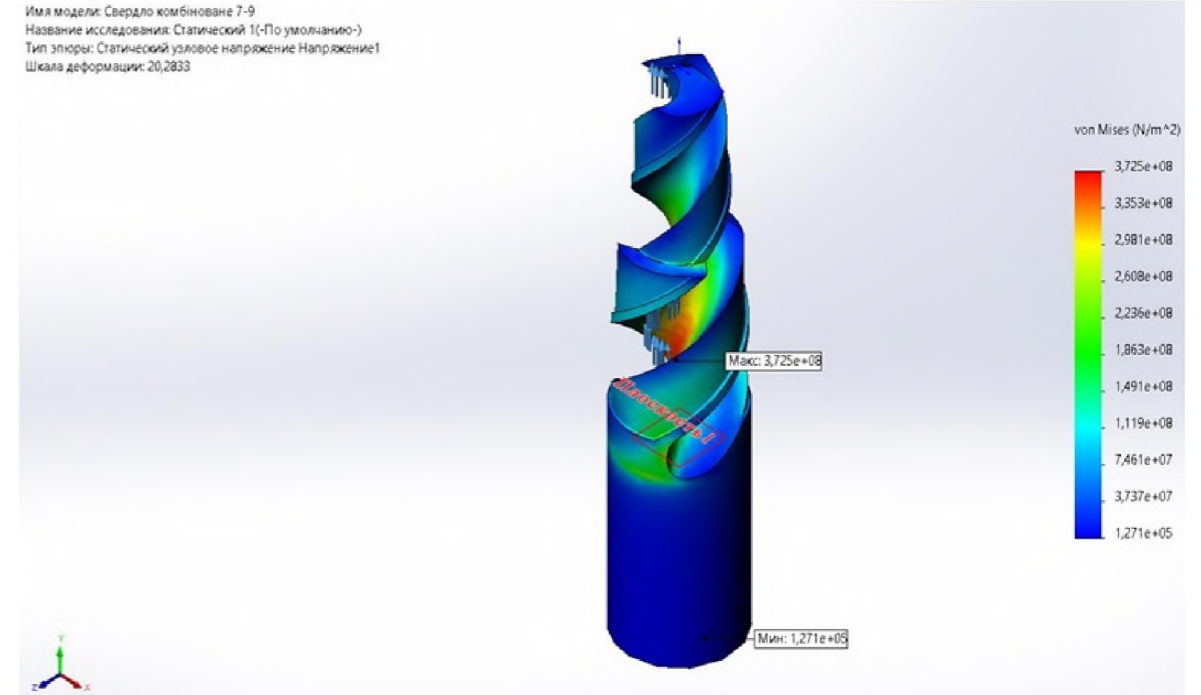
## Сітка кінцевих елементів

Имя модели: Сверло комбіноване 7-9  
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
 Тип сетки: Сетка на твердом теле



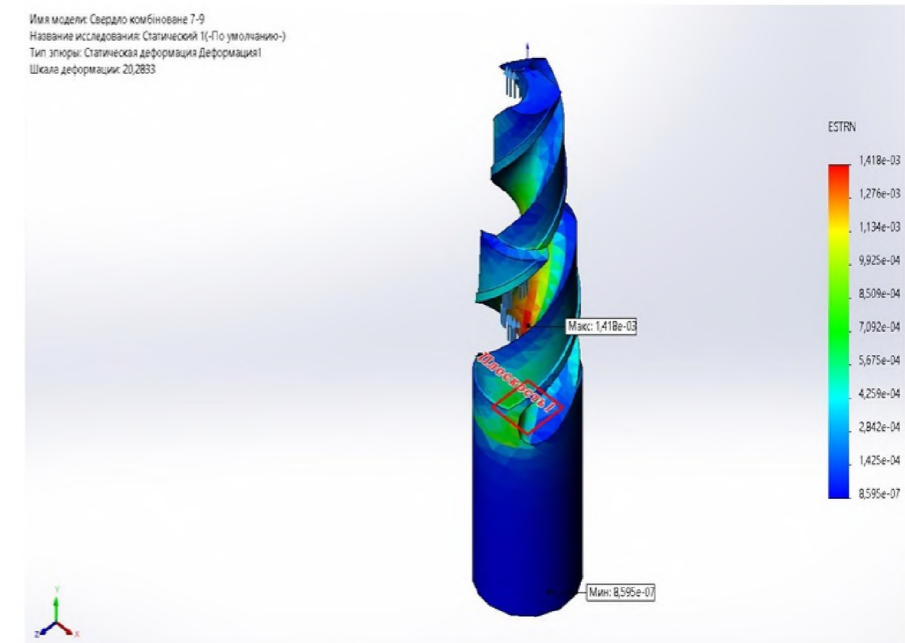
## Симуляція «Напруження» в SolidWorks Simulation

Имя модели: Сверло комбіноване 7-9  
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
 Тип элторы: Статический узловое напряжение Напряжение1  
 Шкала деформации: 20,2833



## Симуляція «Деформація» в SolidWorks Simulation

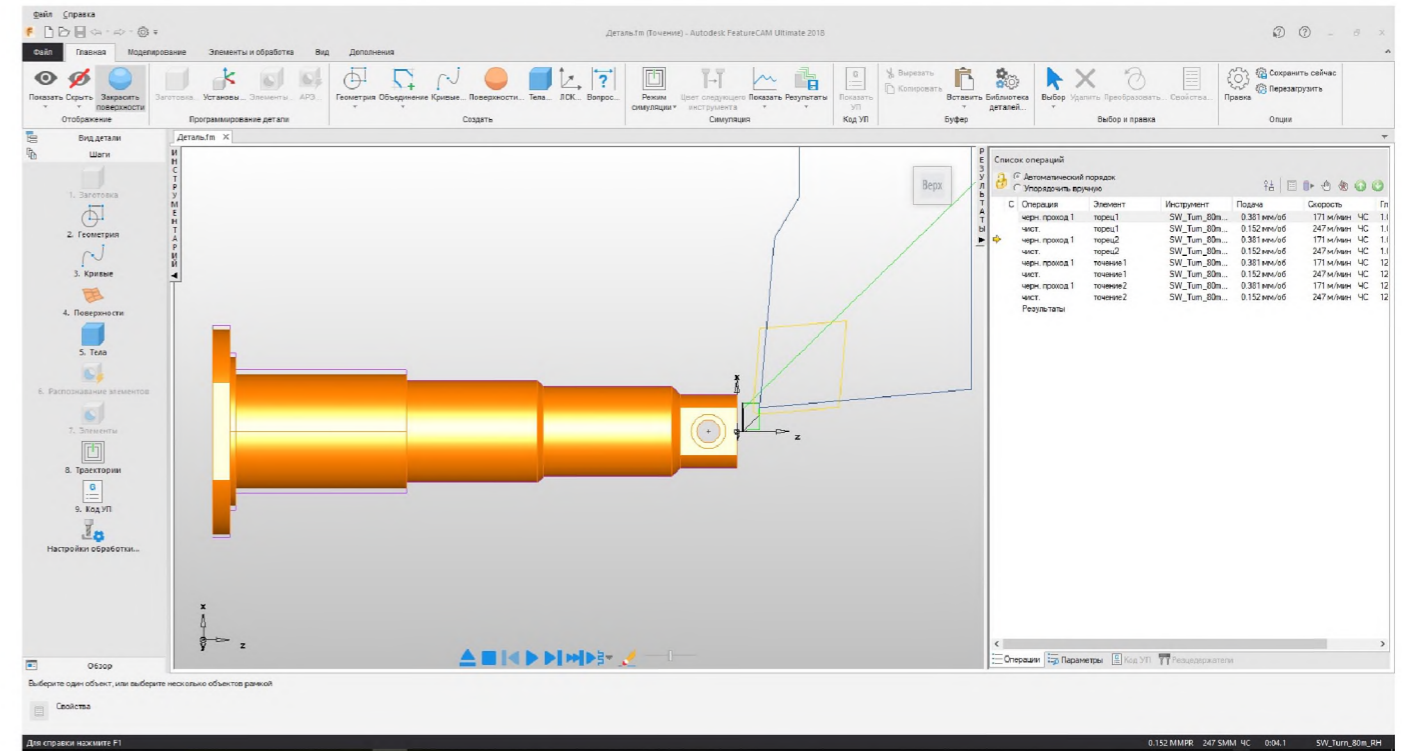
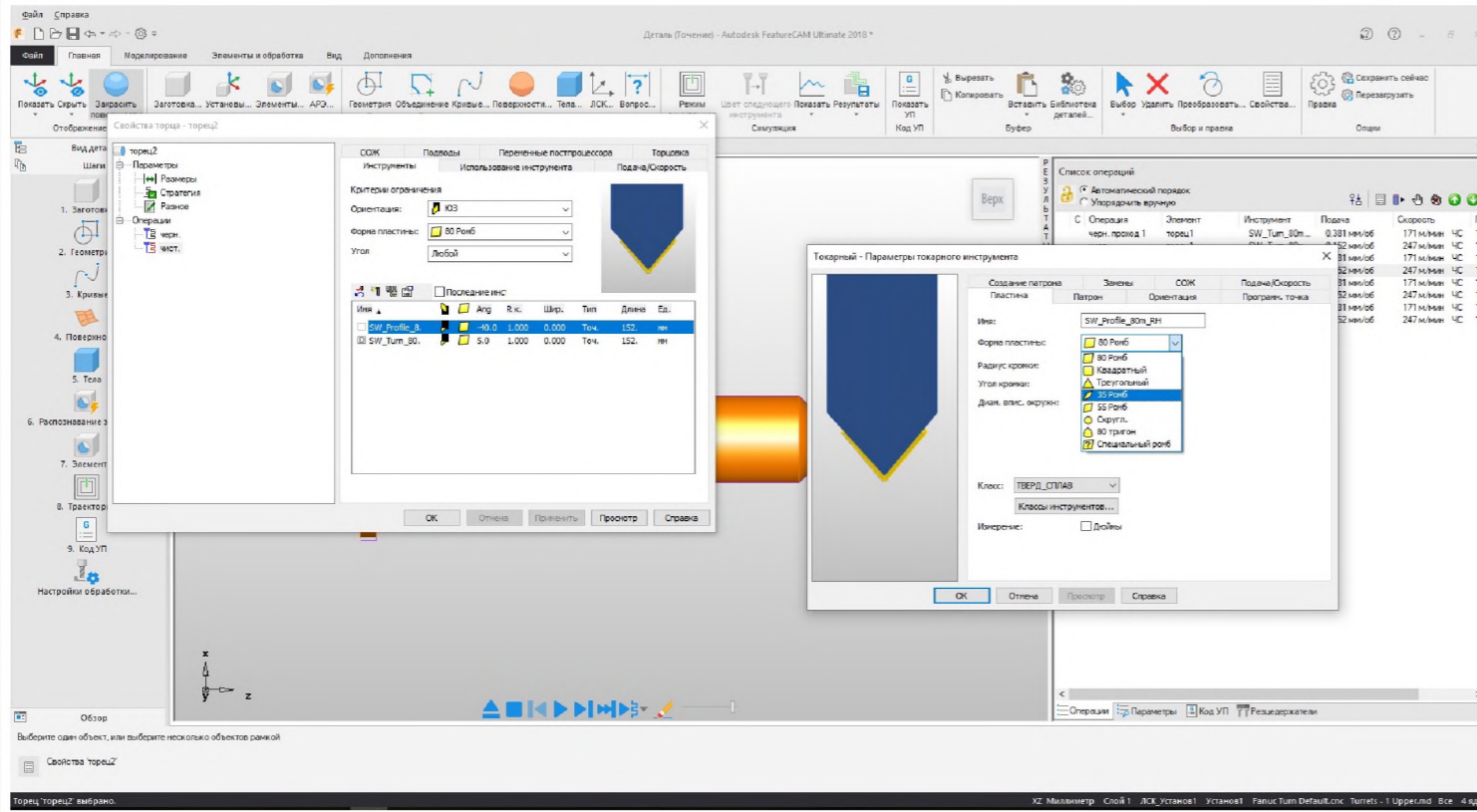
Имя модели: Сверло комбіноване 7-9  
 Название исследования: Статический 1(-По умолчанию-)  
 Тип элторы: Статическая деформация Деформация1  
 Шкала деформации: 20,2833



					<b>КНУ.КБР.131.24.1-15.ІАСРІ</b>			
					Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Літ.	Маса	Масштаб
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата			Н		
Розробив	Степаненко				Лист	Листів	1	
Керівник	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Н.контр.	Рязанцев							
Затв.	Нечаєв							

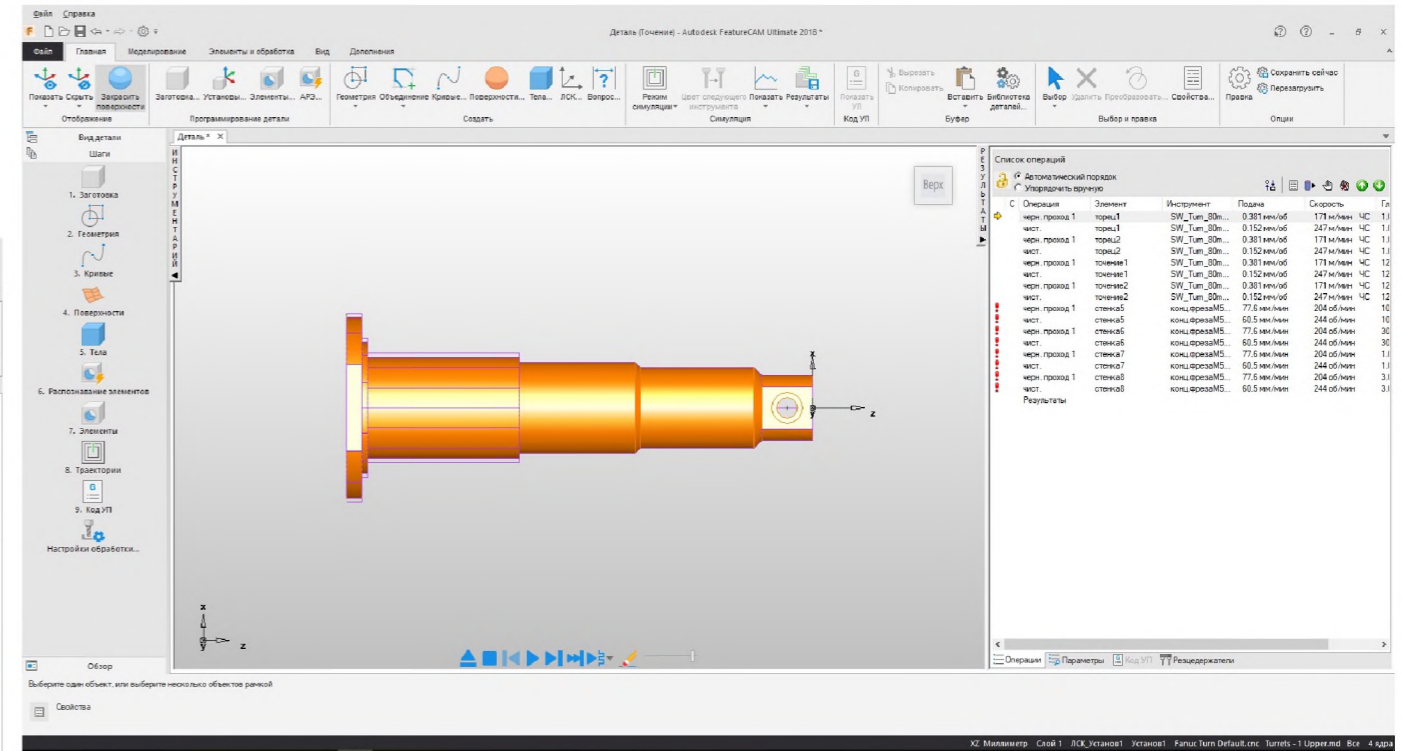
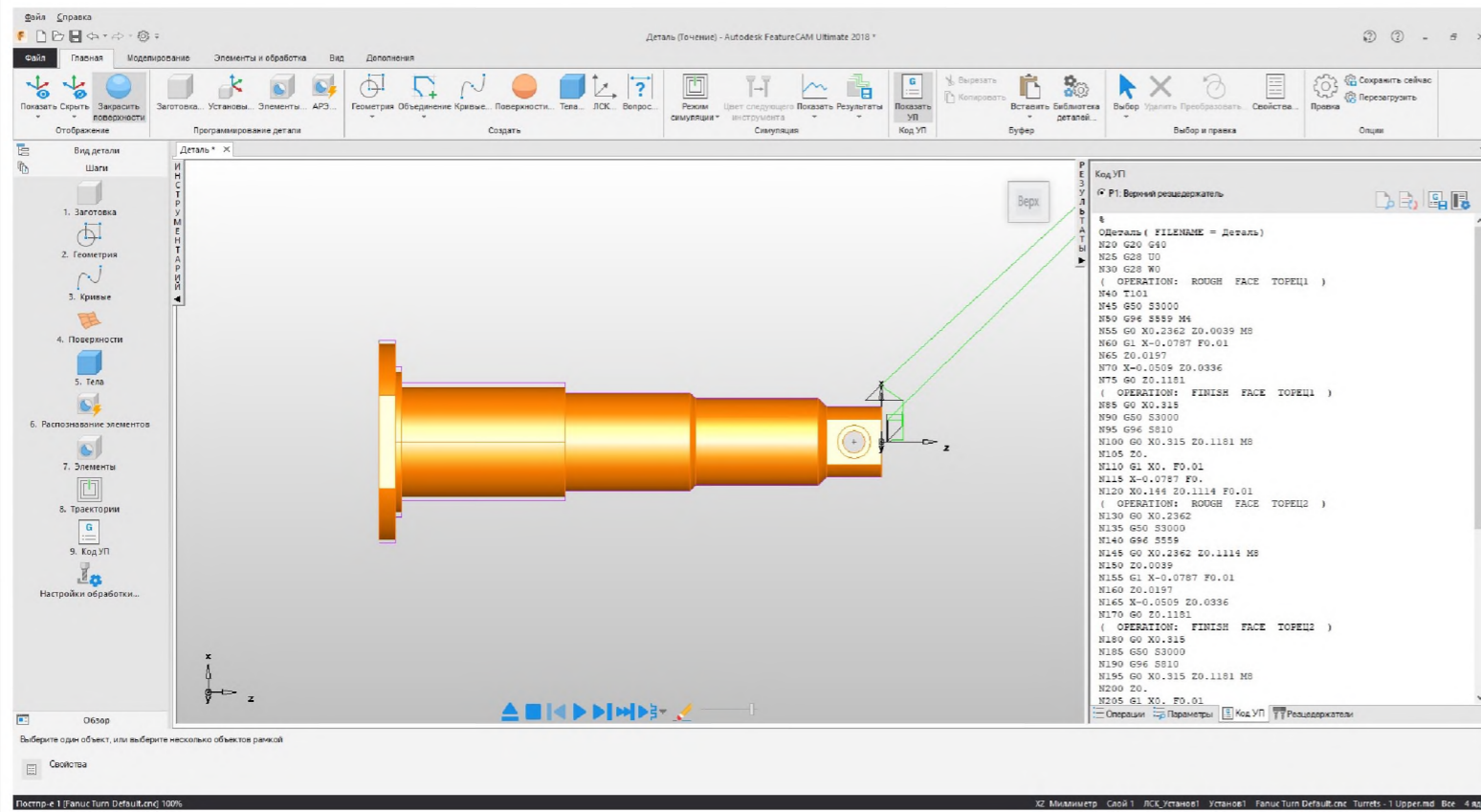


Етап вибору різального інструменту в меню програми



Етапи обробки деталі

Траєкторія руху інструменту та вікно з фрагментом керуючої програми



				<b>КНУ.КБР.131.24.1-15.МПМО</b>			
Зм. Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	<b>Моделювання процесу механічної обробки</b>	Лит	Маса	Масштаб
Розробив	Степаненко				Н		
Керівник	Рязанцев			Лист	Листів	1	
Н.контр.	Рязанцев			<b>Кафедра ТМ гр. ПМ-20</b>			
Затв.	Нечаєв						