

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав: здобувач
групи ПМ-20
Швачка І.Р.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Нечаєв В.П.

Кривий Ріг
2024 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Швачка І.Р.

Керівник КБР

(підпис)

Нечасєв В.П.

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 Швачка Ілля Русланович

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

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

Затверджена наказом по КНУ № _____ від «__» _____ 2024 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Маточина». 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. Вал-шестерня. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Дискова модульна фреза. 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	09.04.2024
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	11.04.2024
3.	Призначення об'єкту виробництва	14.04.2024
4.	Аналіз технологічності деталі.	16.04.2024
5.	Креслення деталі (А1-А4).	17.04.2024
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	18.04.2024
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	21.04.2024
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	27.04.2024
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	31.04.2024
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	04.05.2024
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	10.05.2024
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	13.05.2024
13.	Вибір допоміжних інструментів.	16.05.2024
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	20.05.2024
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	25.05.2024
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	29.05.2024
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	02.06.2024
18.	Висновки	05.06.2024
19.	Оформлення РПЗ	08.06.2024
20.	Попередній захист	10.06.2024

Дата видачі завдання: « 8 » квітня 2024 р.

Завдання видав керівник КБР

/ Нечасів В.П./

Завдання отримав
здобувач освіти

/Швачка І.Р./

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Документація		
A4		1	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ПЗ	Пояснювальна записка	58	
				Креслення		
A2		2	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ВШ	Вал-шестерня	1	
A2		3	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ІН	Інструментальне налагодження	1	
A2		4	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ФДМ	Фреза модульна дискова	1	
A3		5	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1 1	
A3		6	КНУ.КРБ.131.24.19-01.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	

Інд. Підвал.	Підп. і дата.	Взам. інв. □□□	Інд. □□□□□□	Підп. і дата.
--------------	---------------	----------------	-------------	---------------

				КНУ.КРБ.131.24.19-01.ВМКРБ		
Ізм.	Лист	□□□□□□	Підп.	Дата		
Разрад.	Швачка				Лит.	Лист
Пров.	Нечаєв				Н	1
Н.контр.	Рязанцев				Кафедра ТМ гр. ПМ-20	
Утв.	Нечаєв					

РЕФЕРАТ

Ця кваліфікаційна бакалаврська робота, що налічує 58 сторінок, 48 рисунків та 9 таблиць, присвячена розробці інструментального комплексу для виготовлення деталі приводу стрічкового конвеєра AgroHelix – "Вал-шестерня".

Метою роботи стало проектування та інженерний аналіз спеціального різального інструменту за допомогою САЕ систем. Дослідження охоплює розробку керуючої програми точіння валу та фрезерування шпонкового пазу, а також оцінку економічного ефекту від впровадження верстатів з ЧПК у виробництво. Крім того, запропоновані рекомендації щодо зменшення негативного впливу МОР на навколишнє середовище.

Під час виконання роботи використовувались сучасні каталоги інструментів та верстатів міжнародних виробників, діючі ДСТУ та актуальне програмне забезпечення, таке як SolidWorks Simulation та Autodesk FeatureCAM.

Важливим результатом стало розроблене верстатно-інструментальне налагоджування для чистової та напівчистової токарної обробки на токарно-гвинторізному верстаті Doosan PUMA GT2100 з ЧПК.

ВЕРСТАТ ЧПК, РІЗЕЦЬ, ІНСТРУМЕНТ. ДИСКОВА ФРЕЗА. ВАЛ.
SOLIDWORKS SIMULATION, САЕ.

ABSTRACT

This bachelor's qualification thesis, which consists of 58 pages, 48 figures, and 9 tables, is dedicated to the development of a tooling complex for the manufacture of the drive part of the AgroHelix conveyor belt - "Shaft-gear".

The aim of the work was to design and engineer a special cutting tool using CAD systems. The research covers the development of a control program for turning the shaft and milling the keyway, as well as an assessment of the economic effect of introducing CNC machines into production. In addition, recommendations are proposed to reduce the negative impact of machining fluids MWF on the environment. During the work, modern catalogs of tools and machines from international manufacturers, current DSTU standards, and up-to-date software such as SolidWorks Simulation and Autodesk FeatureCAM were used.

An important result was the development of a machine-tool setup for finishing and semi-finishing turning on a Doosan PUMA GT2100 CNC lathe.

CNC MACHINE, CUTTING TOOL, TOOL, DISC CUTTER, SHAFT,
SOLIDWORKS SIMULATION, CAE.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.Р</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Швачка</i>			<i>Реферат</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>					5	58
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>						

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Призначення об'єкту виробництва, як елементу вузла, механізму машини з характеристикою будови, принципів роботи, характеристикою кінематичних та силових ланцюгів та передач машини	10
1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання вал-шпонка	12
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	15
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін	15
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	16
2.3 Технічний контроль робочого креслення	18
2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання	18
3 ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ	25
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	25
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	26
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту	33
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів	35
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі	36
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	39
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту	39

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.3</i>					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Зміст</i>					
<i>Розроб.</i>	<i>Швачка</i>							<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>								6	58
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>							<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>									

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	41
5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	47
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора.....	47
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	52
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	52
6.2 Охорона праці та екологія виробництва.....	54
ВИСНОВКИ.....	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

					<i>КНУ.КРБ.131.24.1-03.3</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		7

ВСТУП

В сучасному машинобудуванні використання спеціалізованих різальних інструментів для обробки складних поверхонь є критично важливим елементом у забезпеченні високої якості та ефективності виробництва. Особливе значення має їхнє застосування при обробці деталей з складними геометричними формами, такими як вал-шестерня.

Ця бакалаврська робота присвячена дослідженню та інженерному аналізу спеціального різального інструменту, призначеного для обробки поверхонь деталі "Вал-шестерня". У роботі буде проведений детальний огляд сучасних технологій і матеріалів, використовуваних для створення цих інструментів, а також їхнє моделювання та аналіз за допомогою сучасних САЕ систем.

Головною метою дослідження є розробка оптимального різального інструменту, який забезпечить оптимальні параметри обробки і покращить якість виготовлення деталі "Вал-шестерня". Аналіз отриманих результатів дозволить виявити основні чинники впливу на процес обробки і визначити шляхи подальшого вдосконалення технологій виробництва в цьому напрямку.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>Лт.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>					<i>8</i>	<i>58</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Вступ</i> <i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>						

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Вихідними даними до кваліфікаційної бакалаврської роботи є 3D «Вал-шестерня», яке зображене на Рисунку 1.1.

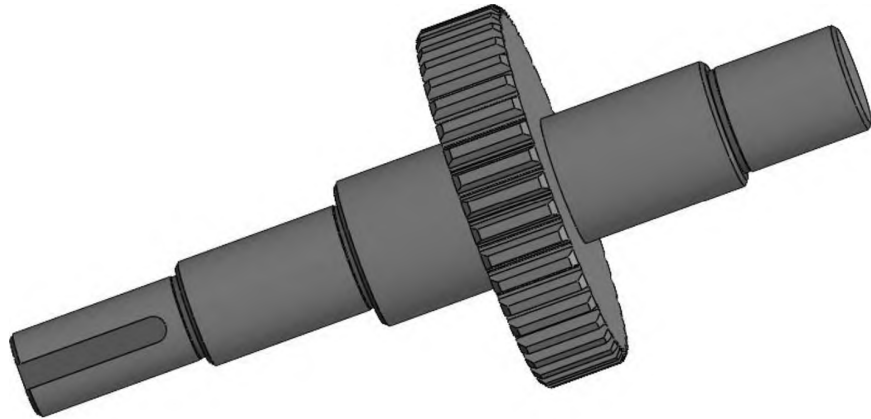


Рисунок 1.1 – 3D-модель деталі

Надана 3D-модель валу представляє собою детальний технічний документ, що описує його конструкцію, розміри та технічні умови. У кресленні показано вал-шестерню з елементами, такими як канавки, фаски та радіуси.

Основні габарити валу становлять 400 мм загальної довжини. Діаметри різних ступенів валу включають:

- Основний діаметр: 70 мм з допуском $+0.012$ мм.
- Діаметри менших ступенів: 50 мм з допуском -0.009 мм.

На валу передбачений шпонковий паз, радіуси та фаски, детально вказаних на кресленні. Конфігурація канавок, шпонкового пазу та фасок детально зображена на виносних видах та розрізах для кращого розуміння виконання цих елементів.

Технічні умови для виготовлення валу:

1. Основні розміри та допуски:
 - Загальна довжина валу: 400 мм.
 - Діаметри валу:
 - Діаметр 70 мм, допуск $+0.012$ мм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.01.АСПМВД</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Швачка</i>			<i>Лист</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				9	58
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі</i>							

- Діаметр 50 мм, допуск -0.009 мм.
 - Внутрішній діаметр 40 мм, посадка Н8.
2. Фаски та радіуси:
 - Фаски: $2 \times 45^\circ$ та $3 \times 45^\circ$.
 - Радіуси (R): R3 та R0.8.
 3. Шорсткість поверхонь:
 - Ra 1.6 для зовнішніх діаметрів.
 - Ra 0.4 для внутрішнього діаметра.
 - Ra 3.2 та Ra 0.8 для інших поверхонь.
 4. Допуски на круглість та биття:
 - Круглість: 0.02 мм, 0.01 мм, 0.05 мм, 0.03 мм.
 - Радіальне биття не більше ніж 0.02 мм та 0.05 мм для відповідних поверхонь.
 5. Виносні види та розрізи:
 - Виносні види А, В та Е у масштабі 5:1 показують деталі канавок, фасок та шпонкових пазів.
 - Розрізи А-А, В-В та Е-Е деталізують виконання пазів та конфігурацію валу.

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

Даний вал-шестерня, зображений на кресленні, призначений для використання у приводному механізмі транспортера AgroHelix . Його основна функція полягає в передачі крутного моменту до транспортувальної стрічки.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.01.АСПМВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10



Рисунок 1.2 – Привід стрічкового транспортера AgroHelix

Принцип роботи приводу стрічкового конвеєра полягає в передачі крутного моменту від електродвигуна до конвеєрної стрічки, забезпечуючи її рух для переміщення матеріалів. Основні елементи приводу включають електродвигун, редуктор, муфту та вал-шестерню.

Стрічковий транспортер AgroHelix – це конвеєр, який використовується для переміщення сипучих, шматкових та штучних вантажів. Вони можуть переміщувати зерно та інші матеріали як у горизонтальному положенні, так і з нахилом, який може досягати до 30 градусів.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд стрічкового конвеєра AgroHelix

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.01.АСПМВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики верстата 1М611П

Характеристика	Значення
Максимальний кут роботи (о)	45
Продуктивність т / год	до 80 т/год
Наявність реверсу руху сировини	можливе встановлення
Тип мотора	мотор-редуктор
Кількість завантажень	одна і більше
Кількість вивантажень	одна
Під продукт	різний продукт з питомою вагою від 0,2 - 2 т/м ³
Умови роботи	(-30) - (+30) в будівлі та на вулиці
Тип транспортеру	Стрічковий
Тип матеріалу	Зерно, Пісок, Борошно, Цукор, Вугілля, Пелети, Цемент, Добрив, Кормів
Потужність двигуна	1,1-5.5 кВт при 1500 об/хв
Ширина стрічки	400
Гарантійний термін	12 місяців
Країна виробник	Україна

1.3 Розрахунок параметрів точності шпонкового з'єднання вал-шпонка

Проведемо розрахунок шпонкового з'єднання $\varnothing 40-12 \times 8-3$ у системі вал-шпонка.

Вихідні дані до розрахунку:

- d – діаметр ступені валу на якому розташований шпонковий паз – $\varnothing 40h8$;
- B – ширина шпонкового пазу – 12N9;
- t_1 – глибина шпонкового пазу валу – 5H12;
- L – довжина шпонкового пазу валу – 70H15;
- h – висота шпонки згідно ДСТУ 23360-78 – 8h11 [1];
- b – ширина шпонки – 12h9;
- l – довжина шпонки – 70h14;
- група полів допусків – третя (щільне з'єднання);

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.01.АСПМВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

- виконання шпонки – третє.

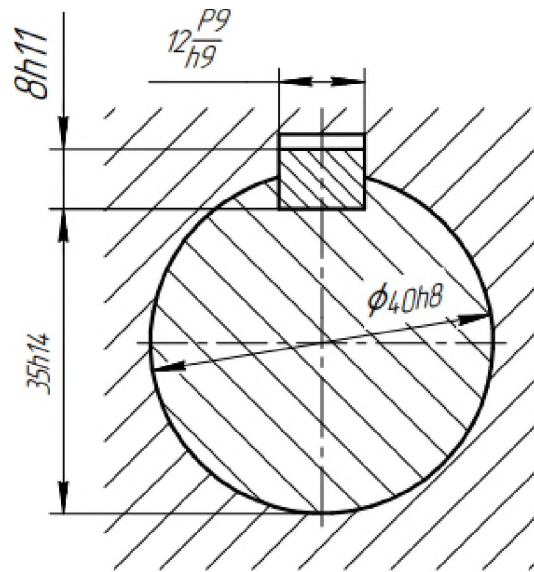


Рисунок 1.4 – Ескіз шпонкового з'єднання

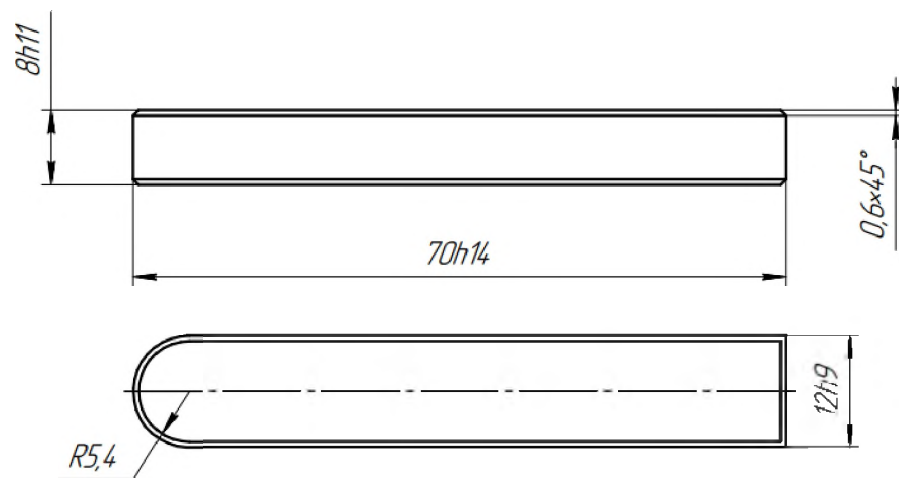


Рисунок 1.5 – Креслення шпонки 12 x 8 x 70 ДСТУ 23360:2008 [1]

Загальноприйнята система допусків та посадок передбачає посадки тільки по ширині, по висоті та довжині завжди забезпечується гарантований зазор. Отже, можемо визначити граничні відхилення та поле допуску ширини шпонкового пазу та шпонки:

					КНУ.КБР.131.24.1-19.01.АСПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

$$b = 12h9; \quad es = 0; \quad ei = -43 \text{ мкм};$$

$$b_{max} = b + es = 12 + 0 = 12,000 \text{ мм}; \quad (1.1)$$

$$b_{min} = b + ei = 12 + (-0,043) = 11,957 \text{ мм}; \quad (1.2)$$

$$B = 12P9; \quad ES = -18 \text{ мкм}; \quad EI = -61 \text{ мкм};$$

$$B_{max} = B + ES = 12 + (-0,018) = 11,982 \text{ мм}; \quad (1.3)$$

$$B_{min} = B + EI = 12 + (-0,061) = 11,939 \text{ мм}; \quad (1.4)$$

Визначимо допуск на обидва розміри:

$$Tb = b_{max} - b_{min} = 12,000 - 11,957 = 0,043; \quad (1.5)$$

$$TB = B_{max} - B_{min} = 11,982 - 11,939 = 0,043; \quad (1.6)$$

Розрахуємо максимальні натяги та зазори:

$$N_{max} = b_{max} - B_{min} = 12,000 - 11,939 = 0,061 \text{ мм} = 61 \text{ мкм}; \quad (1.7)$$

$$S_{max} = B_{max} - b_{min} = 11,982 - 11,957 = 0,025 \text{ мм} = 25 \text{ мкм}; \quad (1.8)$$

$$N_{min} = S_{min} = 0 \quad (1.9)$$

Зображуємо розраховані параметри полів допусків шпонкового з'єднання на схемі.

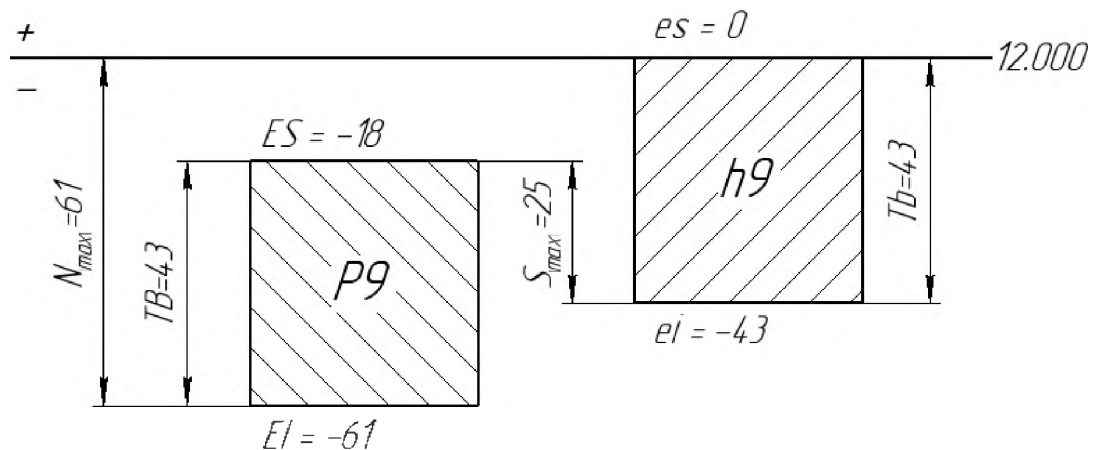


Рисунок 1.6 – Схема полів допусків з'єднання вал-шпонка

					КНУ.КБР.131.24.1-19.01.АСПМВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Вал-шестерня – це об'єднання в одному вузлі механізму і вала, і шестерні. При цьому шестерня нарізається в тілі валу і її діаметр може бути максимум в два рази більше основного діаметра валу, в той час як на прямій вал шестерня насаджується і може бути набагато більше за діаметром. Виготовлення валів-шестерень проводиться з метою застосування їх на різних виробництвах в редукторах і приводних механізмах.

Заготовка для деталі «вал-шестерня» – штамп зі сталі 40Х за ДСТУ-7806:2015, що є аналогом міжнародних марок сталі з схожими характеристиками, такими як AISI 5140, DIN 1.7035 (41Cr4). Дані про хімічний склад та механічні властивості матеріалу валу та його аналогів приводяться у таблиці 2.1 [2].

Таблиця 2.1 – Властивості сталі 30Х13 та її аналогів

Властивість	Сталь 40Х	AISI 5140 (SAE 5140)	DIN 1.7035 (41Cr4)
Хімічний склад			
Вуглець (C), %	0.36-0.44	0.38-0.43	0.38-0.45
Кремній (Si), %	0.17-0.37	0.15-0.35	0.10-0.40
Марганець (Mn), %	0.50-0.80	0.70-0.90	0.60-0.90
Хром (Cr), %	0.80-1.10	0.70-0.90	0.90-1.20
Механічні властивості			
Межа міцності, МПа	800-1000	900-1100	800-1000
Межа текучості, МПа	600-800	600-800	600-800
Відносне подовження, %	10-15	10-15	10-15
Ударна в'язкість, кДж/м ²	50-60	55-65	50-60

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>					15	58
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>						
<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>							


Продовження таблиці 2.1

Твердість (НВ)	207-229	217-241	207-229
Фізичні властивості			
Густина, г/см ³	7.85	7.85	7.85
Температура плавлення, °С	1425-1460	1425-1460	1425-1460
Термообробка			
Гартування, °С	820-850	830-860	840-870
Відпуск, °С	550-680	540-680	550-680


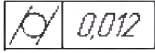


2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Ураховуючи вимоги до точності та якості поверхонь деталі, ми вибираємо технологічні методи обробки (див. Таблицю 2.2), які спільно забезпечують необхідну якість поверхні, зазначену у робочому кресленні.

Таблиця 2.2 – Технологічні методи обробки поверхонь деталі

№ з/п	Розмір, м	Технологічні методи обробки	Допуск, IT	Шорсткість Ra, мм	Примітка
1	2	3	4	5	6
1,24	L400	Чорнове підрізання торців	h14	Ra 12,5	
2,7,11, 19,23	Фаски 2x45° 5 шт.	Точіння фасок	H14	Ra 12,5	
3	B=12N9 R=6 H=5	Чорнове фрезерування пазу	N9	Ra 12,5	

					КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

4	ø40h8	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5	 
		Напівчистове точіння	h12	Ra 6,3	
		Чистове точіння	h10	Ra 3,2	
		Шліфування	h8	Ra 1,6	
6	L80	Чорнове підрізання торців	h14	Ra 12,5	
5,9,21	B=3	Чорнове точіння канавки	h14	Ra 12,5	
8	ø50k6	Чорнове точіння	k14	Ra 12,5	 
		Напівчистове точіння	k12	Ra 6,3	
		Чистове точіння	k10	Ra 3,2	
		Шліфування	k8	Ra 1,6	
		Остаточне шліфування	k6	Ra 0,4	
10	L160	Чорнове підрізання торців	h14	Ra 12,5	
12	ø70	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5	
14	Фаска 3x45° 2 шт.	Точіння фасок	H14	Ra 12,5	
13	L220	Чорнове підрізання торців	h14	Ra 12,5	

Продовження таблиці 2.2

					КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Продовження таблиці 2.2

15	ø172h11	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5	
		Напівчистове точіння	h12	Ra 6,3	
		Чистове точіння	h11	Ra 3,2	
16	m=4 z=41	Фрезерування зуб'їв	h7	Ra 12,5	
17	L140	Чорнове підрізання торців	h14	Ra 12,5	
18	ø60	Чорнове точіння	h14	Ra 12,5	
20	L60	Чорнове підрізання торців	h14	Ra 12,5	
22	ø50k6	Чорнове точіння	k14	Ra 12,5	
		Напівчистове точіння	k12	Ra 6,3	
		Чистове точіння	k10	Ra 3,2	
		Шліфування	k8	Ra 1,6	
		Остаточне шліфування	k6	Ra 0,8	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення виконане у програмному забезпеченні Solidworks на аркуші формату A2 та представлене в альбомі креслень. Креслення містить детальну інформацію, необхідну для виготовлення валу-шестерні, включаючи розміри, допуски, шорсткості, а також технічні вимоги та специфікації.

2.4 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Складемо маршрутну технологічну карту виготовлення заданого ступінчатого валу – Таблиця 2.3.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Таблиця 2.3 – Маршрутна карта

№	Тип операції	Тип верстату та модель	Примітки
005	Заготівельна	-	Відрізання прокату
015	Токарна чорнова	Горизонтально-токарний верстат з ЧПК	Чорнове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь валу та підрізання торців
020	Токарна напівчистова і чистова	Горизонтально-токарний верстат з ЧПК	Напівчистове і чистове точіння зовнішніх циліндричних поверхонь валу, канавок, підрізання торців.
025	Фрезерна	Фрезерний верстат	Фрезерування шпонкового пазу
030	Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат	
035	Шліфувальна	Універсально-круглошліфувальний	Шліфування всіх посадкових поверхонь
040	Контрольна	Контрольний стіл	Технічний контроль
045	Упаковування	-	Нанесення антикорозійного покриття

Враховуючи кількість та характер раніше визначених технологічних методів обробки поверхонь, виберемо відповідні типи металорізального обладнання. Отримані результати будуть занесені у таблицю 2.8. Нумерація поверхонь валу включена у Додаток А.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19

1) Токарно-гвинторізний верстат Doosan PUMA GT2100 з ЧПК



Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд верстата Doosan PUMA GT2100

Характеристики верстата:

Діапазон обробки:

Максимальний діаметр обробки над станиною – 600 мм

Максимальний діаметр обробки над супортом – 390 мм

Рекомендація. діаметр обробки – 210 мм

Максимальний діаметр обробки – 390 мм

Максимальний довжина обробки – 562 мм

Діаметр прутків, що обробляються – 65 мм

Головний шпиндель

Частота обертання шпинделя – 4500 об/хв

Передній кінець шпинделя ASA – A2 #6

Діаметр підшипника шпинделя (переднього) – 110 мм

Наскрізний отвір у шпинделі – 76 мм

Супорт

Довжина ходу X-вісь – 230 мм

Z-вісь – 580 мм

Швидкість швидкої подачі X-вісь – 24 м/хв

Z-вісь – 30 м/хв

Револьверна головка

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Кількість гнізд для інструментів – 12 шт.
 Переріз різців для обробки зовнішнього діаметра – 25 x 25 мм
 Діаметр борштанги – \varnothing 40 мм
 Час індексації (на 1 поз.) – 0.9 с
 Розміри верстата:
 Висота – 1700 мм
 Довжина – 2834 мм
 Ширина – 1628 мм
 Маса верстата – 3500 кг
 Система ЧПУ: Fanuc

2) Верстат шліфувальний OGM-NCB 275



Рисунок 2.2 – Зовнішній вигляд верстата OGM-NCB 275.

Характеристики верстата:

- Висота центрів, мм 220
- Відстань між центрами, мм 750
- Макс. діаметр, що шліфується, мм 200
- Макс. маса між центрами, мм 50 (під час роботи в центрах)

Шліфувальна бабка:

- Хід по осі X, мм 215
- Діапазон розвороту, град Не передбачено
- Мінімальна команда, мм 0,0001
- Постійна подача, мм/хв 0.001~4000
- Прискорена подача мм/хв 4000

Стіл:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

- Хід по осі Z, мм 1012
- Діапазон розвороту, град 0~-7
- Мінімальна команда, мм 0,0001
- Постійна подача, мм/хв 0.001~8000
- Прискорена подача, мм/хв 800
- Передня бабка:
- Тип шпинделя Режим нерухомого і вільного шпинделя
- Центр Конус Морзе № 3
- Внутрішній діаметр шпинделя, мм 18
- Швидкість обертання, об/хв 10~500
- Діапазон розвороту, град 30~-90

3) Фрезерний верстат Microcut Challenger MCG-5X800



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд верстата Microcut Challenger MCG-5X800

Характеристика верстата:

Вага: 20000 кг

Габаритні розміри: 4150 x 5000 x 3500 мм

Діапазони обертання шпинделя: 18000/24000 об/хв

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Конус шпинделя: HSK-A63

Переміщення:

по осі X: 670мм

по осі Y: 820мм

по осі Z: 600мм

4) Зубофрезерний верстат CHMTI YKX3140M



Рисунок 2.4 - Зовнішній вигляд верстата верстат CHMTI YKX3140M

Характеристики верстата

Максимальний діаметр заготовки – 400 мм

Максимальний модуль, що нарізається – 12 мм

Відстань між столом та віссю інструменту – 45-315 мм

Відстань між осями інструменту та деталі – 280-680 мм

Досяжний ступінь точності колеса – 7

Конус шпинделя: HSK-A63

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		23

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

№ Поверхні	Найменування операції	Тип і модель верстата	Примітка
1	2	3	4
1,2,4,5,6, 7,8,9, 10,11,12,14,15, 17,18,19,20,21, 22,23,24	Токарна чорнова	PUMA GT2100	-
4,8,15,22	Токарна чистова	PUMA GT2100	-
3	Фрезерування шпонкового пазу	Cornak MILL 2050	-
16	Фрезерування зуб'їв	CHMTI YKX3140M	-
4,8,22	Шліфування	DANOVA T OVERBECK ID-200	-

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.02.ТПВД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

З огляду на різноманітність та складність запропонованих методів обробки поверхонь, обираємо сучасні інструменти від провідних світових виробників. Для кожного типу поверхні деталі ретельно підбираємо відповідний інструмент, ґрунтуючись на його характеристиках та обґрунтовуючи вибір. Ескізи інструментів та пояснення до них наводимо нижче. Основні характеристики інструментів узагальнюємо в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента	Примітка
1	2	3	4
1,6,10,13,17,20,24	Токарна чорнова (підрізання торців)	Підрізний різець	-
2,4,5,7,8,9,11,12,15,18,19,21,22,23	Токарна чорнова	Прохідний різець	-
4,8,15,22	Токарна напівчистова	Прохідний різець	
4,8,15,22	Токарна чистова	Прохідний різець	-
16	Фрезерування зуб'їв	Дискова модульна фреза	-
3	Фрезерування шпонкового пазу	Фреза пазова	-
4,8,22	Шліфування Остаточне шліфування	Шліфувальний круг	-

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Швачка</i>			<i>Лт.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Нечасів</i>				25	58
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Нечасів</i>					
<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів</i>							

3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Зважаючи на фізико-механічні властивості матеріалу деталі, тип обробки та застосовувані металорізальні верстати, для кожного типу металорізального інструменту визначаємо матеріал ріжучої частини, її геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу, хвостовика). При цьому обираємо інструменти як вітчизняного, так і іноземного виробництва. Всю цю інформацію узагальнюємо в таблиці 3.

Позиції 1,6,10,13,17,20,24
Чорнове підрізання торців:

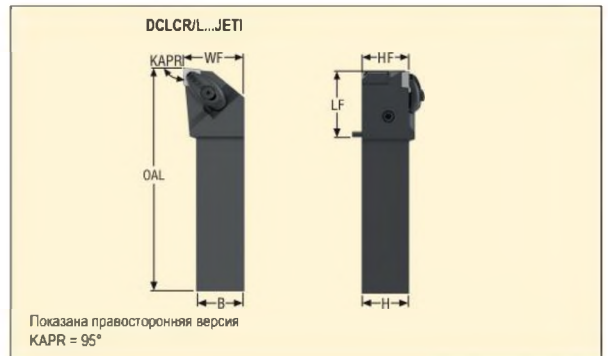


Рисунок 3.1 – Державка DCLCL2525X09JET1 [3 с. 206]
Геометричні параметри: H=25мм; B=25мм; LF = 36 мм;
LH = 38 мм; WF = 32 мм

CCMT

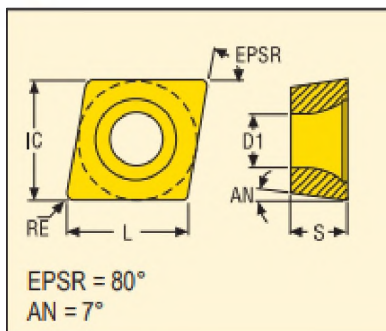


Рисунок 3.2 – Пластинка CCMT09T304-M3;CDV покриття: TP1501 [3 с. 423]

Геометричні параметри: IC=9,53 мм; L=9,7 мм; S=3,97 мм; D1=4,5 мм.
Позиції 2,4,5,7,8,9,11,12,15,18,19, 21,22, 23

Чорнове точіння:

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ				

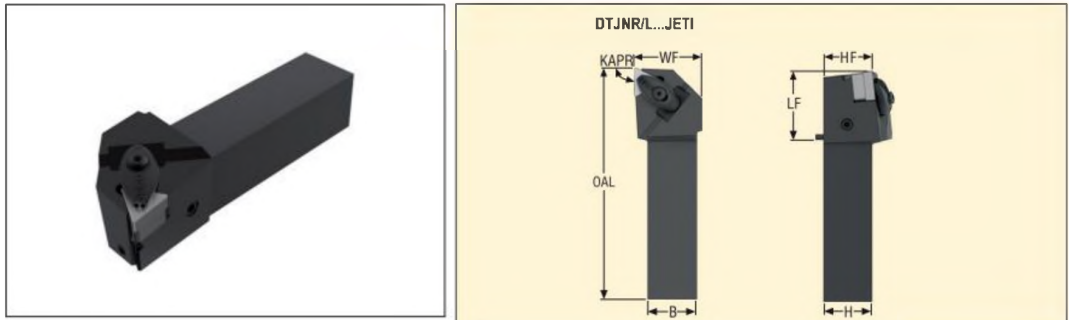


Рисунок 3.3 – Державка DTJNR2525X16JETI [3 с. 211]
 Геометричні параметри: $H=25\text{мм}$; $B=25\text{мм}$; $LF = 36\text{ мм}$;
 $LFS = 43,9\text{ мм}$; $WF = 32\text{ мм}$; $LH = 38\text{ мм}$

TNMG

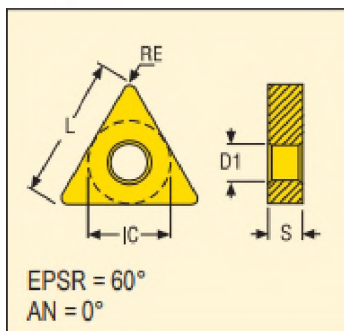


Рисунок 3.4– Пластина TNMG160408-M5;CDV покриття: TP1501 [3 с. 463]

Геометричні параметри: $IC=9,53\text{ мм}$; $L=16,5\text{ мм}$; $S=4,76\text{ мм}$; $D1=3,81\text{ мм}$.

Позиції 4,8,15,22
 Напівчистове точіння:

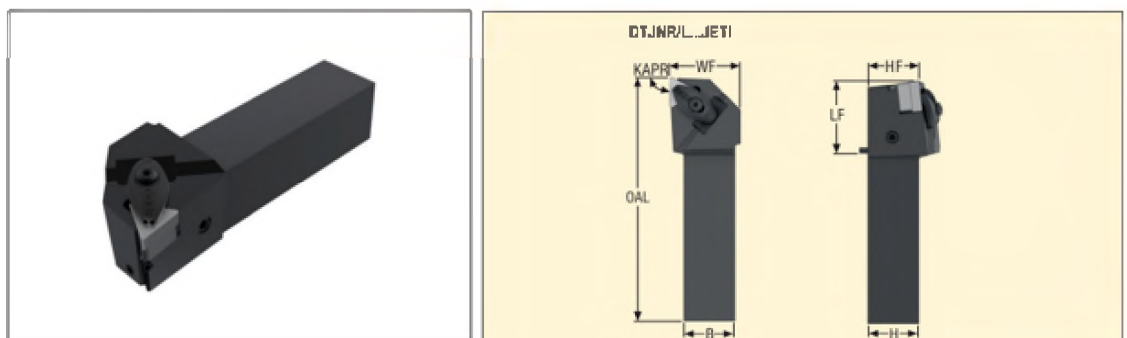


Рисунок 3.5– Державка DTJNR2525X16JETI [3 с. 211]

						<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			27

Геометричні параметри: $H=25\text{мм}$; $B=25\text{мм}$; $LF = 36\text{ мм}$;
 $LFS = 43,9\text{ мм}$; $WF = 32\text{ мм}$; $LH = 38\text{ мм}$

TNMG

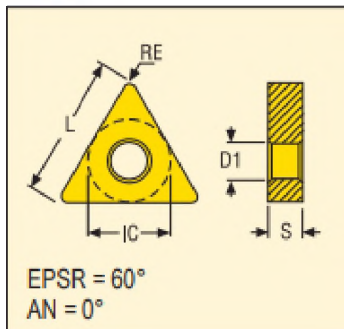


Рисунок 3.6— Пластина TNMG160408-M5;CDV покриття: TP1501 [с. 463]

Геометричні параметри: $IC=9,53\text{ мм}$; $L=16,5\text{ мм}$; $S=4,76\text{ мм}$; $D1=3,81\text{ мм}$.

Позиції 4,8,15,22

Чистове точіння:

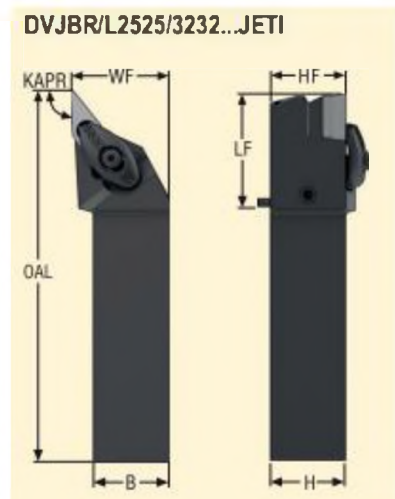


Рисунок 3.7 — Державка DVJBR2525X16JETI [3 с. 212]

Геометричні параметри: $H=25\text{мм}$; $B=25\text{мм}$; $LF = 38\text{ мм}$;
 $OAL = 122\text{ мм}$; $WF = 32,2\text{ мм}$; $HF = 25\text{ мм}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ

Арк.

28

VBMT

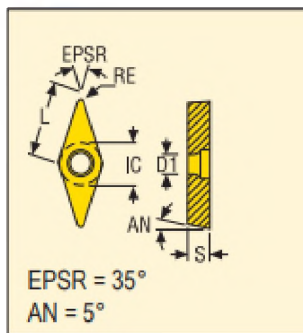


Рисунок 3.8 — Пластина VBMT160408-MF2;CDV покриття: TP2501 [3 с. 468]

Геометричні параметри: IC=9,53 мм; L=16,6 мм; S=4,76 мм; D1=4,5 мм.

Обираємо за каталогом SECO 2020

Позиція 3

Чорнове фрезерування шпонкового пазу

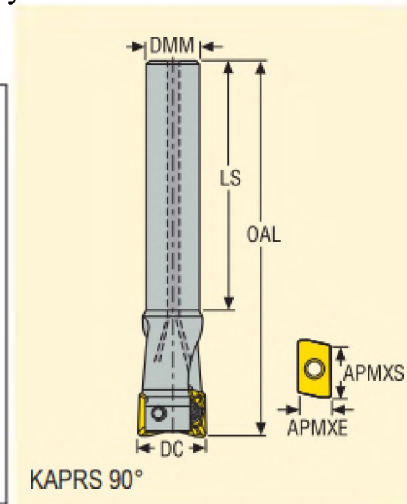


Рисунок 3.9 — Фреза R217.69-0810.0-06-2N [7 с.23]

Геометричні параметри: APMXE=3,0 мм; APMXS=5,0 мм; DC=10 мм;
DMM=8 мм; OAL=100 мм; LS=82 мм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

XO.X10

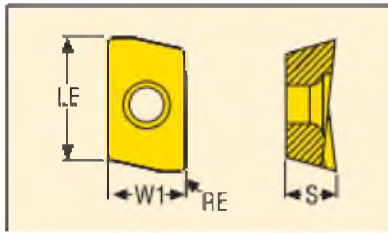


Рисунок 3.10 — Пластина ХОЕХ10Т308R-М06; покриття: MS2500 [7 с.662]

Геометричні параметри: $W1=6,9$ мм; $S=3,8$ мм; $LE=9,7$ мм; $BS=1,3$ мм; $RE=0,8$ мм.

Позиція 3

Напівчистове, чистове фрезерування шпонкового пазу

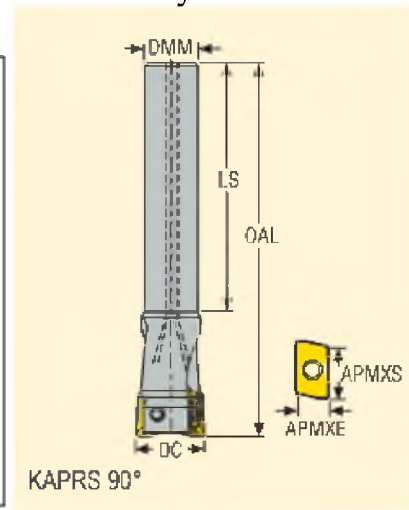


Рисунок 3.11 — Фреза R217.69-1012.0-06-2N [7 с.23]

Геометричні параметри: $APMXE=3,0$ мм; $APMXS=5,0$ мм; $DC=12$ мм; $DMM=10$ мм; $OAL=120$ мм; $LS=102$ мм.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

XO.X06

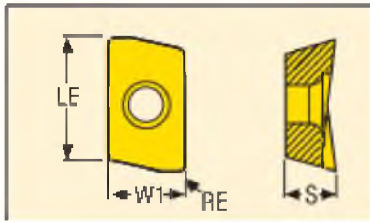


Рисунок 3.12 — Пластина XOMX060202R-M05; покриття: MP3000 [7 с.661]

Геометричні параметри: $W1=4,1$ мм; $S=2,45$ мм; $LE=5,5$ мм; $BS=1,1$ мм; $RE=0,2$ мм.

Позиція 16

Фрезерування зубів

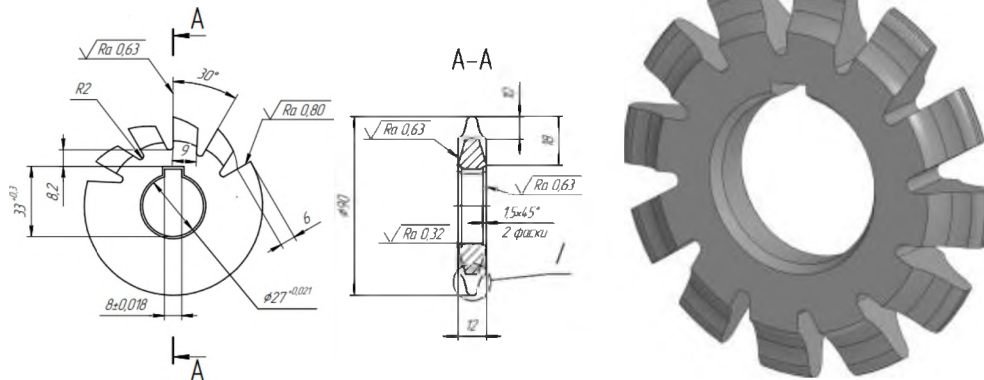


Рисунок 3.13 — Модульна дискова фреза

Геометричні параметри: $m=4$; $z=12$; $d=90$ мм; $L=12$ мм.

Позиції 4,8,22

Шліфування попереднє

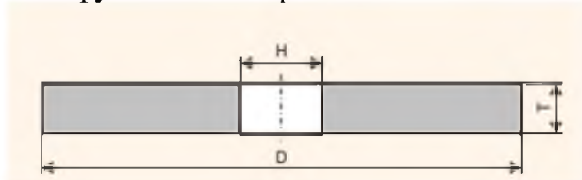


Рисунок 3.14 — Шліфувальний круг [4 с.109]

1-350×32×127-14A-45-P-5-V-50-A-1

Матеріал: 14A

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Зернистість: 45
 Твердість: Р
 Структура: 5
 Клас точності: А
 Клас невірноваженості: 1
 Розміри круга: 350×32×127

Позиція 4
 Шліфування остаточне

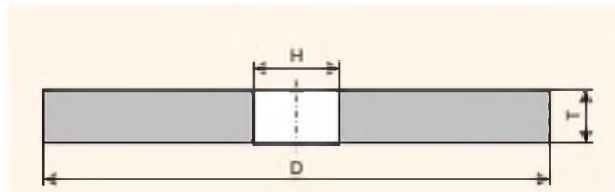


Рисунок 3.15 — Шліфувальний круг [4 с.109]
 1-350×32×127-14А-16-К-5-V-50-А-1

Матеріал: 14А
 Зернистість: 16
 Твердість: К
 Структура: 5
 Клас точності: А
 Клас невірноваженості: 1
 Розміри круга: 350×32×127

Таблиця 3.2 – Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ Пов.	Тип інструмента	Матеріал ріжучої частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструмента	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1,6,10,13, 17,20,24	Підрізний різець	Чорнова - TP1501	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$ $\alpha = 7^\circ$

Продовження таблиці 3.2

2,4,5,7,8,9,11,12,15,18,19,21,22, 23	Прохідний різець	Чорнова TP1501	–	Сталь 40	$\varepsilon = 60^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
4,8,15,22	Прохідний різець	Напівчистова TP3501	–	Сталь 40	$\varepsilon = 60^\circ$ $\alpha = 0^\circ$
4,8,15,22	Прохідний різець	Чистова TP3501	–	Сталь 40	$\varepsilon = 35^\circ$ $\alpha = 5^\circ$
3	Фреза	Чорнова MS2500	–	Сталь 40	
3	Фреза	Напівчистова MP3000	–	Сталь 40	$\lambda=19,8$ $\alpha = 12^\circ$
3	Фреза	Чистова MP3000	—	Сталь 40	$\lambda=19,8$ $\alpha = 12^\circ$
16	Модульна дискова фреза	P6M5	-		$\varphi_{y0} = 12^\circ$ $\theta = 18^\circ$
4,8,15,22	Шліфувальний круг	Чистовий – Електрокорунд нормальний			

3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з вибраних типів інструментів моделюються найбільш навантажені умови роботи, які відповідають чорновій обробці. З урахуванням цих умов різання (фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата та режими різання) визначаються сили різання. За можливості, для розрахунку режимів різання використовується програмне забезпечення.

Після визначення сил різання проводиться перевірка міцності обраного інструменту саме в цих найбільш навантажених умовах обробки.

Для розрахунку характеристик різання обираємо прохідний різець DTJNR2525X16JET1. Цей вибір зумовлений тим, що даний різець здатний

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>33</i>

знімати найбільший припуск під час механічної обробки та працювати в найскладніших умовах. Розміри різця: $H=25\text{мм}$; $B=25\text{мм}$; $LFS\ 43,9\text{ мм}$;

$WF = 32\text{ мм}$; $LH = 38\text{ мм}$ матеріал різця – сталь 40 з межею міцності $\sigma=650\text{МПа}$ і допустимою напругою $\sigma=200\text{МПа}$, матеріал заготовки – сталь 40Х з межею міцності $\sigma=980\text{ МПа}$. Діаметр заготовки – 200 мм , припуск на обробку (на сторону – 1 мм), подача $S=0.4\text{ мм/об}$, виліт різця $l=30\text{ мм}$

3.3.1. Сила різання розраховується за формулою (3.1).

$$P_z = 9.81 C_{P_z} t^{X_{P_z}} S^{y_{P_z}} K_{P_z}; H \quad (3.1)$$

де, $K_{P_z} = 1$ – сумарний поправочний коефіцієнт;

$X_{P_z} = 0,15$ – показник степені при глибині різання;

$y_{P_z} = 0,45$ – показник степені при подачі.

$$P_z = 9.81 * 350 * 1^{0.15} * 0.5^{0.45} * 1 = 2500H$$

3.3.2. Ширина та висота перетину державки $h = 20\text{ мм}$, $b = 20\text{ мм}$.

3.3.3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця визначається за формулою (3.2).

$$P_{z_{\text{дон}}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{и.д.}}}{6l} = \frac{25 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 35 \cdot 10^{-3}} = 17361H \quad (3.2)$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця визначається за формулою (3.3).

$$P_{z_{\text{жорст}}} = \frac{3f \cdot E \cdot j}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{(-3)} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 3,2552 \cdot 10^{-8}}{(30 \cdot 10^{-3})^3} = 72337H \quad (3.3)$$

де, $f = 0,1$ – допустима стріла прогину при чорновому точінні;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки визначається за формулою (3.4).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>34</i>

$$j = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32552 \text{ мм}^4 \quad (3.4)$$

Перевіркою різця на міцність і жорсткість є подвійна нерівність (3.5).

$$P_{z_{\text{дон}}} > P_z < P_{z_{\text{зсаре}}} \quad (3.5)$$

$$17361 > 2500 < 72337$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Інструментальне налагодження є складним набором ріжучих і допоміжних інструментів, організованих згідно з конструкцією деталі та характером технологічної операції. Цей комплекс включає основний ріжучий інструмент, низку допоміжних інструментів і закінчується посадковими поверхнями металорізального верстата (шпиндель). При розробці налагодження враховуються тип виробництва, точність, продуктивність і зручність обслуговування інструментального комплексу.

З урахуванням характеристик оброблюваної поверхні, методу кріплення деталі, типу верстата та основних розмірів стандартного ріжучого інструменту вибирається допоміжний інструмент з необхідними конструктивними параметрами.

Розробка інструментального налагодження виконується з орієнтацією на токарні операції на верстаті Doosan PUMA GT2100. Конфігурація інструментального комплексу відповідає даним з таблиць 3.1 і 3.2 відповідно до конкретної технологічної операції. Отримані результати занесено до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Структура інструментального комплексу

Найменування операції	№ з/п поверхні	Металорізальний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту)
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 3.3

Токарна	1,6,10,13,17,20,24	Doosan PUMA GT2100	DCLCL 2525X09JETI DDJCR2525X11JETI	ASHN-VDI40-25-JETI
Токарна	2,4,5,7,8,9,11,12,15,18,19,21,22,23	Doosan PUMA GT2100	DTJNR2525X16JETI DVJBR2525X16JETI	DIN 69880 B1
Фрезерна	3	Microcut Challenger MCG-5X800	Фреза R217.69-1012.0-06-2N	Weldon DIN 1835
Фрезерна	16	CHMTI YKX3140M	Дискова фреза	E9304 5657 27120

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

Позиції 1,6,10,13,17,20,24

Операція токарна (підрізання торців)

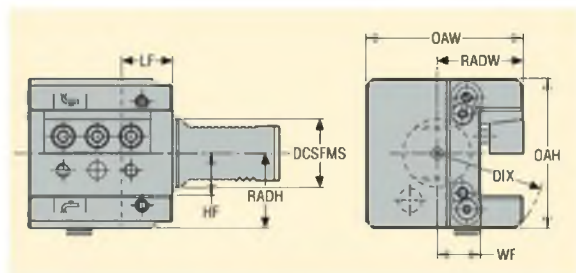


Рисунок 3.16 – Різцетримач ASHN-VDI40-25-JETI [3 с.408]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Геометричні параметри: DCSFMS = 40; DIX = 64; RADW = 51; OAW = 93; WF = 26; RADH = 44; OAH = 88; HF = 25; LF = 30

Позиції 2,4,5,7,8,9,11,12,15,18,19, 21,22, 23
Операція токарна

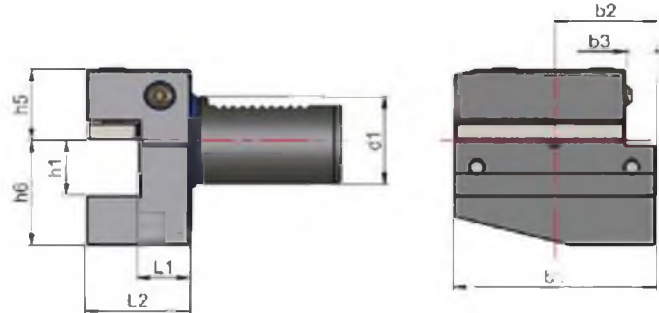


Рисунок 3.17 – Різцетримач DIN 69880 B1 [5 с.156]

Геометричні параметри: $d_1 = 40\text{мм}$; $h_1 = 25\text{мм}$; $l_2 = 50\text{мм}$; $b_1 = 100\text{мм}$.

Позиція 3
Операція фрезерування

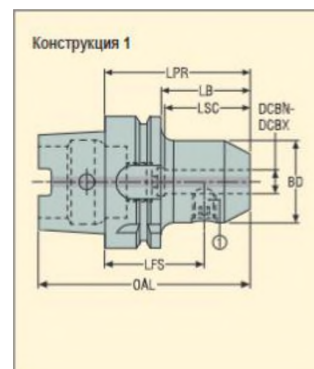


Рисунок 3.18 – Weldon DIN 1835 (HKA63-EMO8-065-L1) з конусом шпинделя HSK-A63 [6 с.78]

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.03.ВРДІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Геометричні параметри: $d=8\text{мм}$; $LPR=65\text{мм}$; $LB=39\text{мм}$; $LSC=34\text{мм}$; $BD=28\text{мм}$; $OAL=97\text{мм}$; $LFS=47\text{мм}$.

Позиція 3
Операція фрезерування

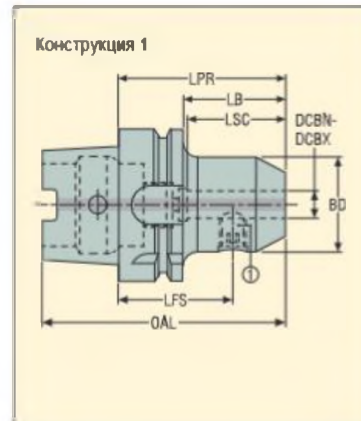


Рисунок 3.19 – Weldon DIN 1835 (HСКА63-EM10-065-L1) з конусом шпинделя HSK-A63 [6 с.78]

Геометричні параметри: $DCBN-DCBX=8\text{мм}$; $LPR=65\text{мм}$; $LB=39\text{мм}$; $LSC=38\text{мм}$; $BD=35\text{мм}$; $OAL=65\text{мм}$; $LFS=45\text{мм}$.

Позиція 16
Операція фрезерування

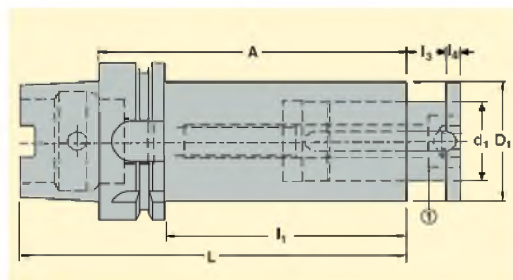


Рисунок 3.20 – Тримач для дисккових фрез E9304 5657 27120 [8 с.56]

Геометричні параметри: $d_1 = 27\text{мм}$; $A = 120\text{мм}$; $D_1 = 42\text{мм}$; $L = 152\text{мм}$; $l_1 = 94\text{мм}$; $l_3 = 0-15\text{мм}$; $l_4 = 5\text{мм}$.

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 – дискової модульної фрези.

Таблиця 4.1 Вихідні дані до розрахунку:

Матеріал заготовки	Сталь 40Х
Модуль m	$m=4$
Число зубів	$Z=41$
Ділильний діаметр, мм	$d=164$

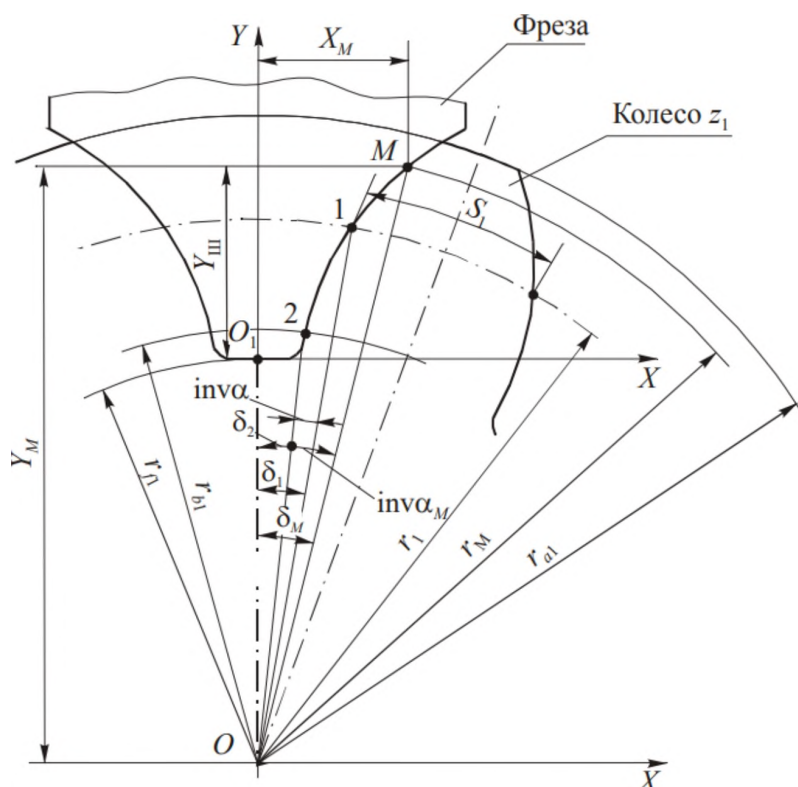


Рисунок 4.1 – Схема розрахунку профілю дискової модульної фрези

<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ</i>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Швачка			
Перевір.	Нечасів			
Н. Кантр.	Рязанцев			
Затверд.	Нечасів			
<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>			Літ.	Арк.
				39
			<i>зр. ПМ-20</i>	
			Аркушів	58

Так як дискова зуборізна модульна фреза має нульовий передній кут і при нарізанні прямозубого циліндричного колеса працює методом копіювання, то профіль її ріжучих кромek зводиться до визначення форми заадин виробів, що обробляється. Відповідно до ДСТУ 10996-64 профіль зуба фрези складається з евольвентної, неевольвентної ділянок та прямої..

Визначення профілю евольвентної ділянки

Радіус основного кола:

$$r_b = 0.5 * m * z * \cos \alpha_b = 0.5 * 4 * 41 * \cos 10^\circ = 80,75 \text{ мм}$$

(4.1)

Радіус вершини зубів колеса:

$$r_a = 0.5 * m * (z + 2) = 0.5 * 4 * (41 + 2) = 86 \text{ мм}$$

(4.2)

Радіус ділильного кола :

$$r = 0.5 * m * z = 0.5 * 7 * 41 = 82 \text{ мм}$$

(4.3)

Радіус кола заадин зубів:

$$r_f = r - 1.25m = 82 - 1.25 * 4 = 77 \text{ мм}$$

(4.4)

Радіальний зазор:

$$c = 0,25m = 0,25 * 4 = 1 \text{ мм}$$

(4.5)

Визначення профілю неевольвентної ділянки.

Залежно від числа зубів колеса, що нарізається $z < 80$ або $z > 79$ встановлюють два типи профілів зуба. У нас $z = 41$, тому профіль зуба складається з дуги кола АВ, відрізка прямої ВС та евольвенти СDE.

Визначимо координати точок В,С,D,Е.

Координати точки В:

$$X_B = 2,12 \quad Y_B = 1,7$$

Координати точки С:

$$X_C = 2,15 \quad Y_C = 1,87$$

Координати точки D:

$$X_D = 8,547 \quad Y_D = 10,487$$

Координати точки Е:

$$X_E = 13,647 \quad Y_E = 17,454$$

Кут профілю ділянки ВС:

$$\varphi_{y0} = 12^\circ$$

Елементи стружкових канавок фрези.

					КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Глибина канавки:

$$K_n = h_0 + \frac{K+K_1}{2} + 2 = 4,05 + \frac{4+1,6}{2} + 0,45 = 10,88 \text{ м};$$

(4.6)

кут профілю стружки вої канавки $\theta = 18^\circ$;
радіус заокруглення дна канавки:

$$r = \frac{\pi \cdot d_{a0} - 2 \cdot H_k}{10z} = \frac{\pi(55 - 2 \cdot 10,88)}{10 \cdot 17} = 1,64 \text{ мм}.$$

(4.7)

Основні конструктивні і розрахункові розміри фрези приймаємо по ДСТУ 138387-68. Відповідно табл. 2 для нарізання колеса з сталі 45 при шорсткості $Ra=6.3$ ДСТУ 2789-73 подача $S=1.2 - 2.2$ мм/об., швидкість різання $V=18$ м/хв.

Для цільних фрез класу АА – тип 1, [5]:

- зовнішній діаметр фрези $d_0=90$ мм;
- діаметр посадочного отвору $d=28$ мм;
- ширина фрези $B=12$ мм;

Розміри профіля зубів в нормальному перерізі

- крок профіля зуба в нормальному перерізі $P_{r0}=3,925$ мм.;
- висота зуба (евольвентної частини) $h_0=3,125$ мм;
- висота головки зуба $h_{00}=1,25$ мм;
- радіус заокруглення зуба

$$\rho = m \cdot k = 4 \cdot 0,46 = 1,84 \text{ мм}$$

(4.8)

де:

$k = 0.46$ – коефіцієнт, що залежить від кількості зубців.

- радіус заокруглення ніжки зуба $r_f=1$.

Технічні вимоги на фрезу типу 1, класу АА приймаємо по ДТСУ 13838 – 88.

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Дискова модульна фреза при нарізанні зубчастих коліс зазнає кількох типів навантажень, які можуть істотно впливати на її роботу та термін служби.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Основні навантаження включають сили різання, що виникають при знятті матеріалу з заготовки, і сили тертя між фрезою і оброблюваним матеріалом, що може призвести до нагрівання та зносу фрези.

Мета інженерного аналізу модульної дискової фрези, що проводиться в Solidworks Simulation, полягає в оцінці її робочих характеристик та стійкості під впливом різних навантажень. Цей аналіз дозволяє виявити критичні напруження та деформації, що виникають у фрези під час роботи.

Для початку нам потрібна 3D модель дискової фрези. Обов'язково призначаємо матеріал нашій деталі.

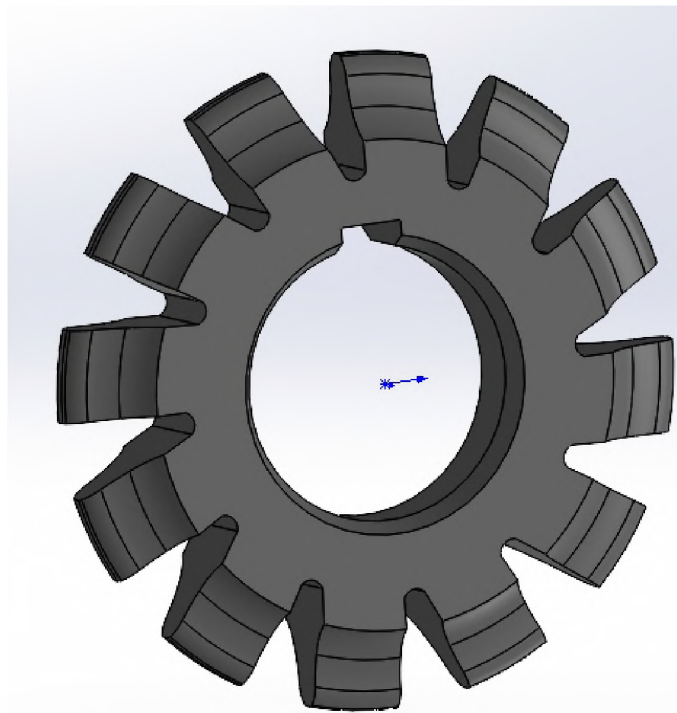


Рисунок 4.2 – 3D модель дискової фрези

Наступним кроком ми включаємо Solidworks Simulation та створюємо нове статичне дослідження.

Тепер нам необхідно обрати кріплення нашої фрези, а також обрати яке навантаження буде витримувати інструмент.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

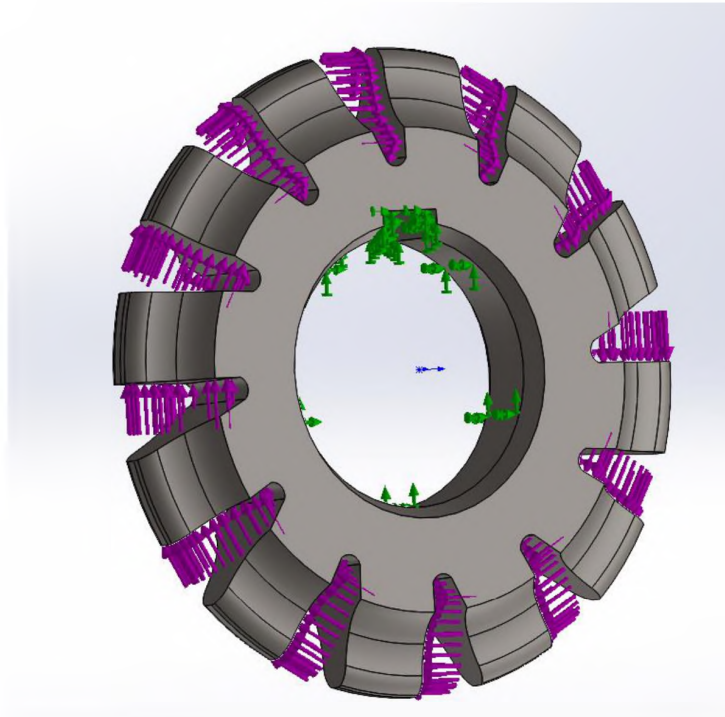


Рисунок 4.3 – Місце кріплення інструмента та прикладання сили

Наступним кроком ми створюємо сітку для нашого дослідження. Від її якості залежить точність отриманих результатів.

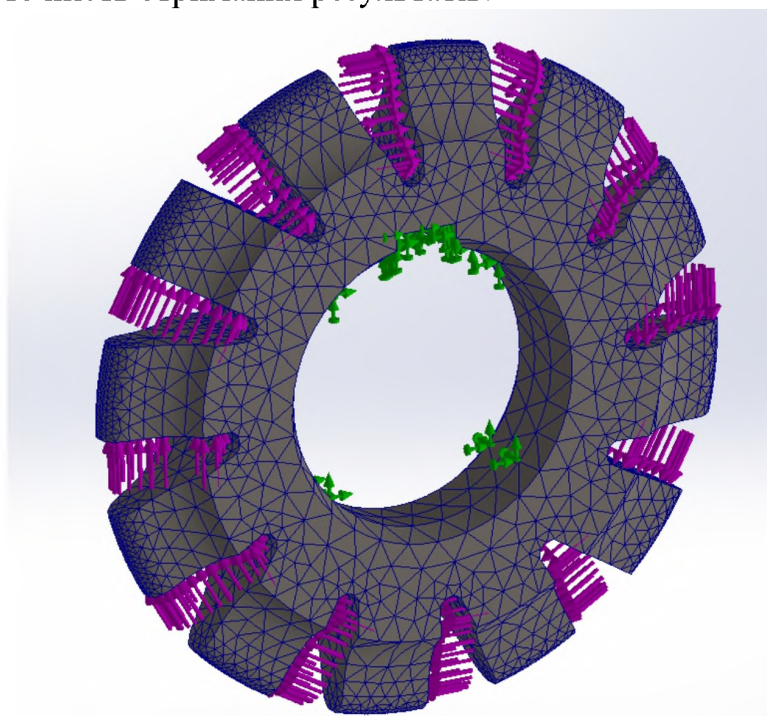


Рисунок 4.4 – Сітка моделі

					КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Запускаємо дослідження та отримуємо результати.

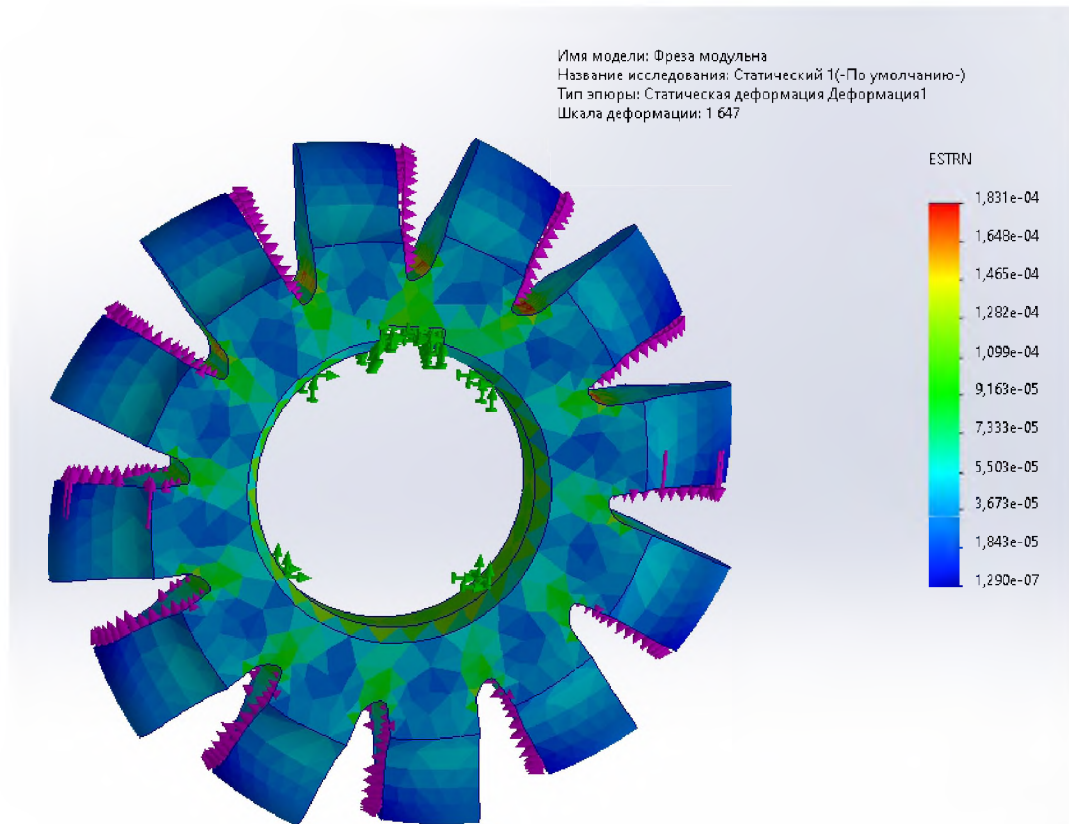


Рисунок 4.5 – Епюра деформації фрези

Епюра деформації дискової фрези в Solidworks Simulation показує розподіл деформацій у фрези під дією заданих навантажень. Вона візуалізує, як саме матеріал фрези змінює свою форму у відповідь на прикладені сили. На епюрі деформації можна побачити величину деформації, розподіл деформації та її напрямок.

					КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

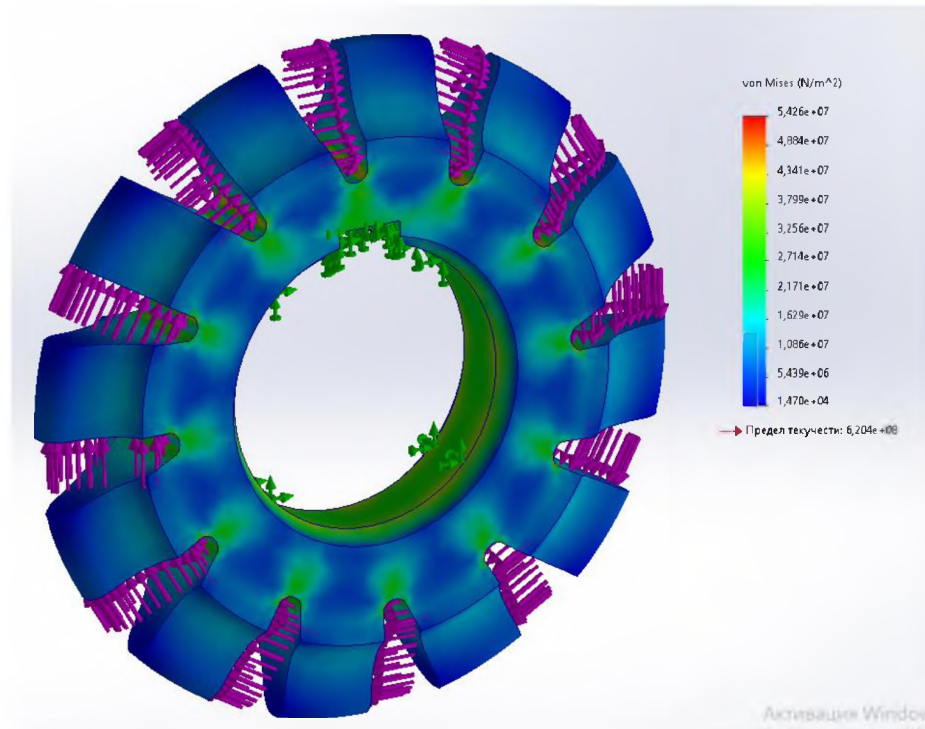


Рисунок 4.6 – Епюра напруження фрези

Епюра напруження дискової фрези в Solidworks Simulation показує розподіл напружень у фрезі під дією заданих навантажень. Вона візуалізує, як внутрішні сили розподіляються по матеріалу фрези внаслідок прикладених зовнішніх сил.

Аналізуючи епюру напруження, можна оцінити, чи витримує конструкція фрези робочі навантаження, і чи відповідає вона вимогам міцності.

					КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

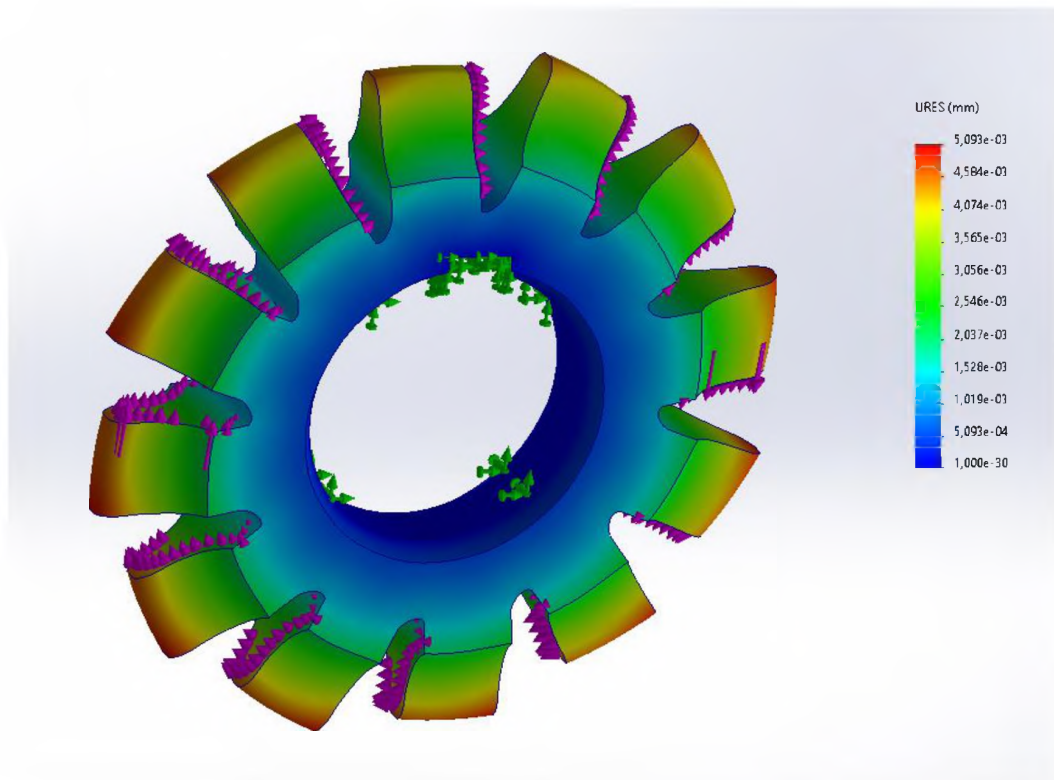


Рисунок 4.7 – Епюра переміщення фрези

Епюра переміщення дискової фрези в Solidworks Simulation показує розподіл і величину переміщень (зсувів) різних частин фрези під дією прикладених навантажень. Вона показує, як різні точки фрези переміщуються зі своїх початкових положень у відповідь на навантаження.

Результат статичного дослідження дискової фрези в Solidworks Simulation показав нам детальну інформацію про поведінку фрези під дією прикладених статичних навантажень. Основні показники, які ми отримали з цього дослідження, включають:

- Розподіл напружень
- Розподіл деформацій
- Переміщення (зсуви)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-19.04.ПІАРІ

Арк.

46

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора

Програмування токарної та фрезерної операції будемо робити у програмному забезпеченні FeatureCAM.

Після запуску програми обираємо необхідний тип обробки, а також одиниці виміру.

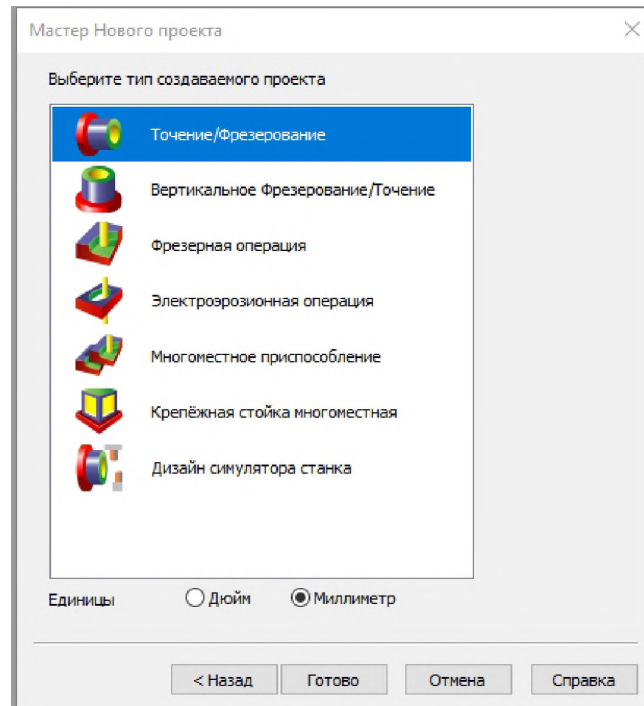


Рисунок 5.1 – Налаштування проекту

Після створення нового проекту заходимо в налаштування постпроцесора та обираємо постпроцесор який підходить для нашого верстата. В нашому випадку це Fanuc, одиниці виміру в яких буде генеруватися код обираємо метричні.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.05.МПМО</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>Моделювання та програмування операцій механічної обробки</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>						47	58
<i>Н. Кантр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-20</i>			
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>							

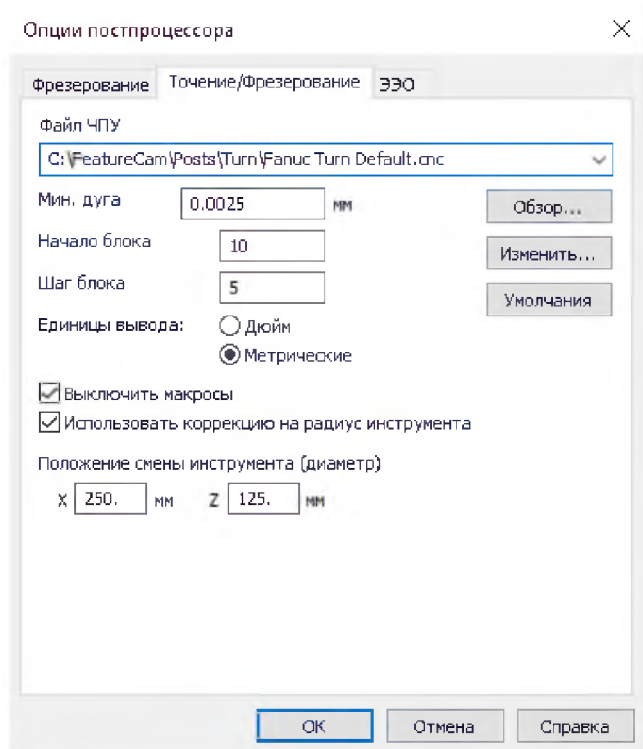


Рисунок 5.2 – Вибір необхідного постпроцесора

5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм
Створюємо контур нашої заготовки, з припуском по 4 мм на сторону.

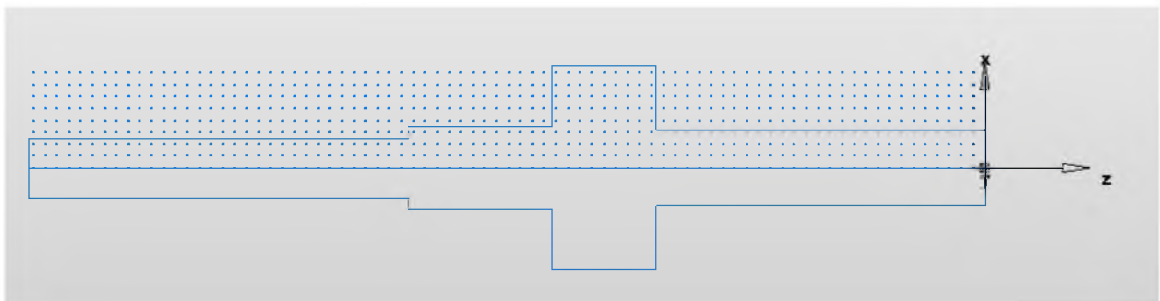


Рисунок 5.3 – Контур заготовки

Тепер ми можемо почати створювати елементи обробки які нам необхідні. Обов'язково проводимо симуляцію на верстаті аби переконатись чи не виникає проблем при обробці.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

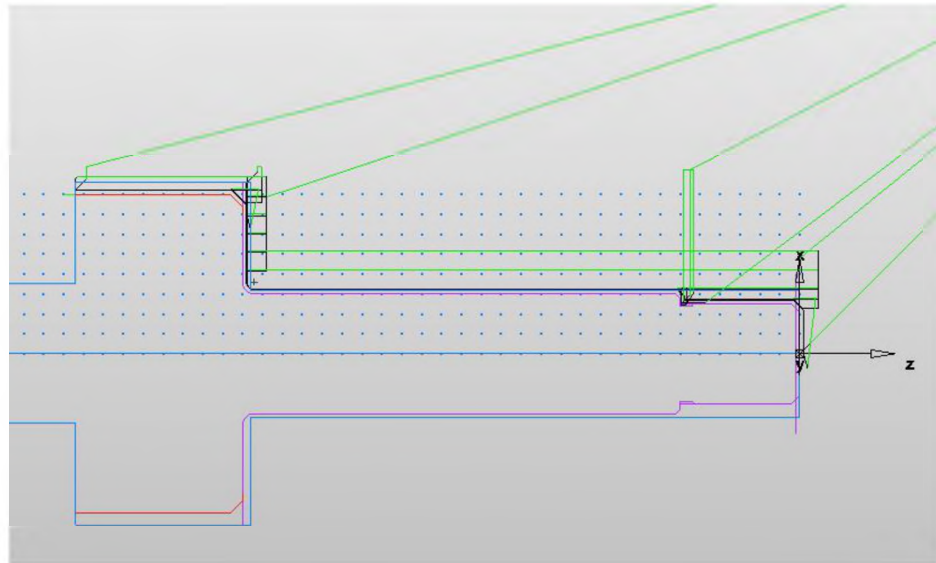


Рисунок 5.4 – Траєкторія руху обробки на 1-му установі

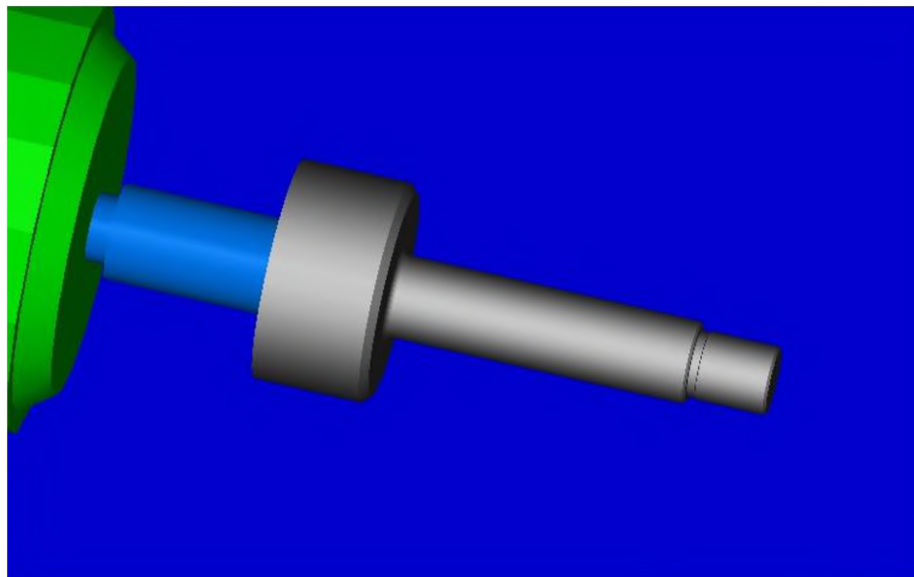


Рисунок 5.5 – Симуляція на верстаті 1-го установка

Тепер створюємо новий установ. Базуємо його по торцю та створюємо непохідні криві обробки. Також проводимо симуляцію обробки на верстаті (Рисунок 5.5)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

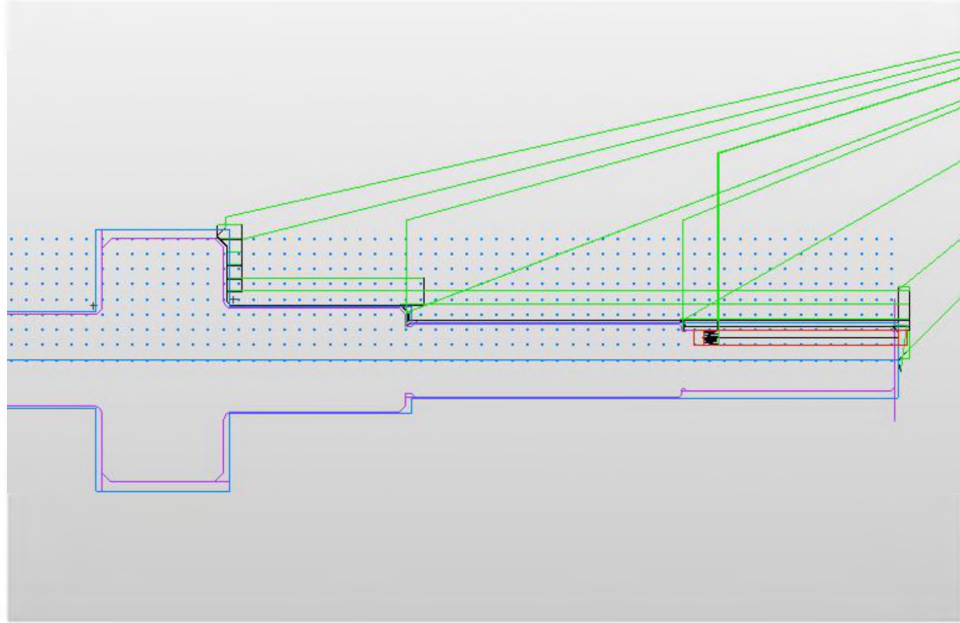


Рисунок 5.6 – Траекторія руху обробки на 2-му установі

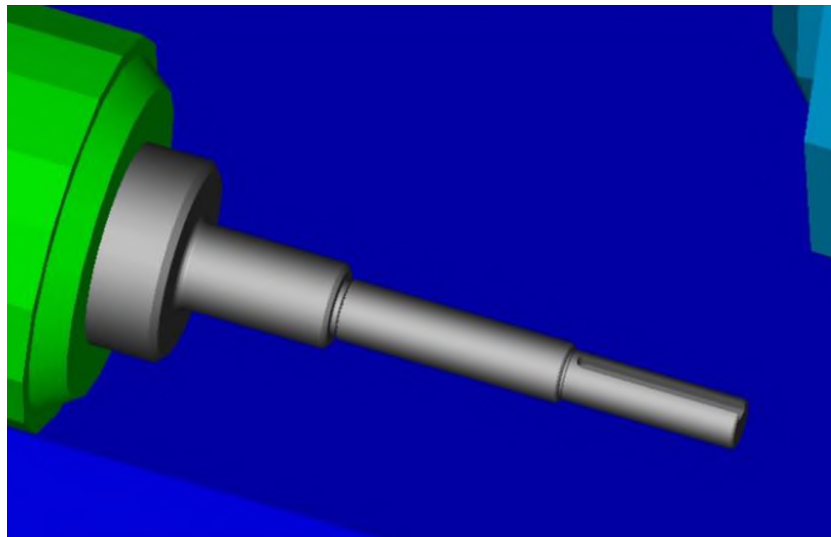


Рисунок 5.7 – Симуляція на верстаті 2-го установка

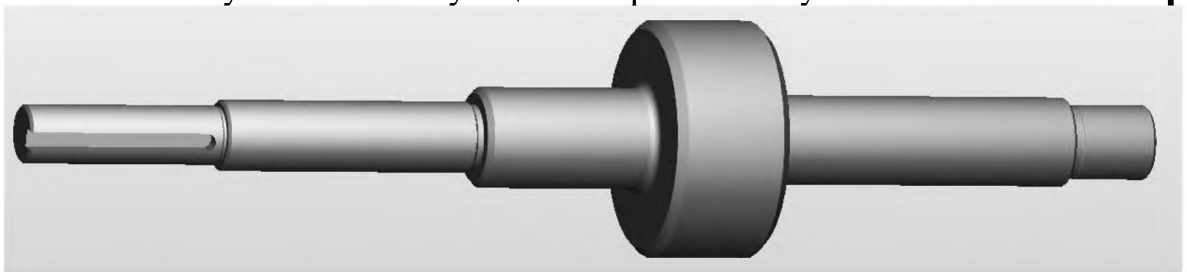


Рисунок 5.8 Кінцевий результат обробки

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.05.МПОМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Після створення необхідних операцій автоматично створюється необхідний код управляючої програми для верстата. (Рисунок 5.9)

```

Код УП
P1 Верхняя рев. головка
%
OVal1( FILENAME = Val1)
N10 G21 G40
N15 G28 U0
N20 G28 W0
( OPERATION: FINISH FACE ТОРЕЦІ )
N30 T101
N35 G50 S3000
N40 G96 S246 M4
N45 G0 X46.0 Z-1.0 M8
N50 G1 X-2.0 F0.
N55 X3.657 Z1.828
N60 G28 U0
N65 G28 W125.0
( OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1 )
N75 T202
N80 G50 S3000
N85 G96 S170 M4
N90 G0 X76.7 Z-135.0 M8
N95 G1 Z-139.9 F0.
N100 X86.0
N105 X86.707 Z-139.546
N110 G0 Z-135.0
N115 G1 X67.4
N120 Z-139.9
N125 X76.7
N130 X77.407 Z-139.546
N135 G0 Z-135.0
N140 G1 X58.1
N145 Z-139.9
N150 X67.4
N155 X68.107 Z-139.546
N160 G0 Z-135.0
N165 G1 X48.8
N170 Z-139.9
N175 X58.1
N180 X58.807 Z-139.546
N185 G0 Z-135.0
N190 G1 X39.5
N195 Z-139.9
N200 X48.8
N205 X48.507 Z-139.546
N210 G0 Z3.707
N215 G1 X30.2
N220 Z-138.0
N225 G2 X34.0 Z-139.9 R1.9
N230 G1 X39.5
N235 X40.207 Z-139.546
  
```

Рисунок 5.9 – Код керуючої програми

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.05.МПМО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Розрахунок основних техніко-економічних показників виробництва деталі «Вал ступінчастий» був проведений за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення «Economical».

Основою для розрахунку полягло економічне порівняння витрат підприємства на придбання, розміщення, утримання та експлуатацію сучасного токарного верстата з ЧПК Microcut BNC-2260X та радянського токарного верстату 16К20.

Враховуючи трудомісткість, затрачений час, габарити та оптову ціну верстата, вартість приміщення, розробку керуючої програми, собівартості обробки (Рисунок 6.1) було розраховано річний економічний ефект та простий період окупності від введення верстата з ЧПК у виробництво.

Трудоёмкость		Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт		500	1600
Штучное время обработки детали, мин		70	30.5
Время настройки станка в течение года			
Количество запусков, шт		12	12
Время наладки станка, мин		125	60.5
Время настройки инструмента вне станка на протяжении года			
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин		14	4
Среднее количество граней пластинки, шт		1	3
Средний период стойкости инструмента, мин		60	90
Количество станочников			
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим		1	2
Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ			
Эффективный годовой фонд времени работы станка		4055	3955
Коэффициент загрузки станка		0.45	0.85
Балансовая стоимость станка			
Оптовая цена станка		18000	500000
Масса станка, т			
		11.4	3.5

Рисунок 6.1 – Розрахунок і вихідні дані вікно 1

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>					52	58
<i>Н. Кантр.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>гр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>						
<i>Організаційно-економічна підготовка виробництва</i>							

Стоимость помещения		
Площадь станка по габаритам	11,64	4,6
Коэффициент, учитывающий доп. площадь станка	4,5	4
Площадь устройства ЧПУ, м	0	1,42
Стоимость 1 м.кв. площади мех. цеха, грн.	3850	3850
Площадь служебно-бытовых помещений, приходящаяся на одного рабочего, м.кв.	4	5
Стоимость 1 м.кв. площади, занятой служебно-бытовыми помещениями (грн.)	1990	1990
Стоимость разработки ПЧ		
Стоимость разработки ПЧ, грн	0	856
Оборотные средства в незавершенном производстве		
Стоимость заготовки Заг, грн	65,84	65,84
Себестоимость обработки		
Среднегодовая зарплата станочника, грн.	25000	22000
Среднегодовая зарплата наладчика, грн.	18000	22000
Среднегодовая зарплата настройщика инструмента, грн.	0	22000
Среднегодовая зарплата контролёра, грн.	19500	19500
Затраты на подготовку и обновление ПЧ, грн.		
Длительность выпуска деталей Z (3-5 лет)	3	5
Затраты на ремонт и ТО оборудования:		
Категория сложности ремонта станка ЕРС (механическая часть)	12	11
Категория сложности ремонта станка ЕРС (электротехническая часть)	9,5	22

Рисунок 6.2 – Розрахунок і вихідні дані вікно 2

Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн (механическая часть)	150	180
Затраты на одну единицу ЕРС станка, грн. (электротехническая часть)	35	200
Коэффициент, учитывающий класс точности станка	1	1,2
Затраты на содержание и амортизационные расходы на 1 м.кв. цеха Нпл, грн (10% от стоимости)	250	350
Затраты на ТО и ремонт устройства ЧПУ, грн.		
Норматив годовых затрат на текущее обслуживание и ремонт ЧПУ, грн.	0	2500

Рисунок 6.3 – Розрахунок і вихідні дані вікно 3

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

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

6328329 грн

Срок окупаемости, лет

0,04 лет

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

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

Рисунок 6.4 – Результаты розрахунку

Економічний ефект від впровадження верстата з ЧПК:

Проведений аналіз показав, що впровадження верстата з ЧПК на виробництво дозволить досягти річного економічного ефекту в розмірі 6,328 млн. грн.

При цьому простий період окупності становитиме лише 0,04 року, що є надзвичайно низьким показником.

Ці цифри свідчать про високу ефективність інвестицій у придбання та впровадження верстата з ЧПК.

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Вплив мастильно-охолоджувальних рідин на людину і навколишнє середовище

Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) використовуються для зменшення тертя та охолодження деталей під час механічної обробки металів. Їх застосування може мати серйозні наслідки для здоров'я людини та стану навколишнього середовища.

Вплив на здоров'я людини

1. Алергічні реакції та дерматити:
 - МОР містять хімічні компоненти, які можуть викликати подразнення та алергічні реакції при контакті зі шкірою. Часто це проявляється у вигляді дерматитів.
2. Респіраторні захворювання:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

- Вдихання аерозолів, що утворюються під час використання СОЖ, може призвести до захворювань дихальних шляхів. Це може включати астму, бронхіт і навіть рак легень при тривалому впливі.

3. Системні ефекти:

- Деякі компоненти МОР можуть мати токсичний вплив на організм людини, що призводить до різних системних захворювань, особливо при тривалому контакті.

Вплив на навколишнє середовище

1. Забруднення води:

- МОР можуть потрапляти у водні ресурси через скидання відпрацьованих рідин. Вони містять важкі метали та інші токсичні речовини, що можуть накопичуватися в організмах водних тварин і негативно впливати на екосистеми.

2. Забруднення ґрунту:

- Потрапляння відпрацьованих МОР у ґрунт призводить до зміни його хімічного складу та структури, що негативно впливає на рослини і тварин, які мешкають у цьому середовищі.

3. Повітряне забруднення:

- Використання МОР може спричинити утворення шкідливих аерозолів, які забруднюють повітря. Це не тільки впливає на якість повітря, але й на здоров'я людей, що працюють у виробничих приміщеннях.

Рекомендації для зменшення негативного впливу

1. Екологічно безпечні МОР:

- Використання менш токсичних і біорозкладних рідин допоможе знизити негативний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище.

2. Вентиляція:

- Належна вентиляція у виробничих приміщеннях є критично важливою для зниження концентрації шкідливих випарів.

3. Засоби індивідуального захисту:

- Використання захисних рукавичок, масок та інших засобів індивідуального захисту зменшить ризик негативного впливу на здоров'я працівників.

4. Утилізація відходів:

- Організація ефективної системи збору та утилізації відпрацьованих МОР дозволить зменшити забруднення навколишнього середовища.

Ці заходи допоможуть мінімізувати шкідливий вплив мастильно-охолоджувальних рідин, забезпечуючи безпечні умови праці та захист довкілля.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.06.0ЕПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

ВИСНОВКИ

Проектування та аналіз різального інструменту, а також розробка керуючої програми фрезерної операції для деталі "Вал-шестерня" стали центральними темами цієї кваліфікаційної бакалаврської роботи.

перший розділ знайомить з технічним завданням та аналізом вихідного креслення валу. Встановлено, що вал-шестерня, як важливий елемент приводу стрічкового конвеєра AgroHelix, відповідає за передачу крутного моменту від електродвигуна до конвеєрної стрічки. Опис конструкції, принцип роботи та характеристики кінематичних і силових ланцюгів машини доповнюються розрахунком параметрів точності одного із шпонкових з'єднань та схемою полів допусків з'єднання вал-шпонка.

Другий розділ розкриває службове призначення валу, властивості сталі 40X та її аналогів. Проаналізовано всі оброблювані поверхні деталі та призначено технологічні методи обробки. Вибір основного обладнання супроводжується його характеристиками: токарно-гвинторізний верстат Doosan PUMA GT2100 з ЧПК, шліфувальний верстат OGM-NCB 275, фрезерний верстат Microcut Challenger MCG-5X800, зубофрезерний верстат СНМТІ УКХ3140М.

Детальний вибір ріжучого інструменту для всіх операцій обробки валу, розрахунок на міцність найбільш навантаженого токарного різця, що виконує чорнову обробку, та вибір допоміжного інструменту для токарних, фрезерних та зубофрезерних операцій складають основу третього розділу.

Четвертий розділ присвячений розрахунку та моделюванню спеціального різального інструменту – дискової модульної фрези. Інженерний аналіз напружень, що виникають під час роботи різця, проведено в програмному забезпеченні SolidWorks Simulation.

Моделювання механічної обробки та написання керуючої програми для токарної та фрезерної операції стали головними завданнями п'ятого розділу. Проаналізовано доречність використання певного виду устаткування, а також створено симуляцію обробки на двох установках.

Ключові техніко-економічні показники, а також питання охорони праці та екології виробництва знайшли своє місце у шостому розділі. Встановлено, що впровадження нових технологій і оптимізація процесів сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат.

Проведені дослідження довели, що розроблені рішення дійсно доцільно використовувати у виробничому процесі. Проектна документація, моделі та програми, які були створені в рамках цієї роботи, мають практичне значення. Їхнє впровадження може призвести до:

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-19.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>					56	58
<i>Висновки</i>					<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Н. Кант.</i>	<i>Рязанцев</i>						
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>						

- Підвищення ефективності виробництва. Це стане можливим завдяки оптимізації процесів обробки валу-шестерні, що призведе до скорочення часу виготовлення та покращення якості продукції.
- Зниження витрат. Використання нових технологій та оптимізація процесів сприятимуть економії ресурсів, таких як електроенергія, матеріали та інструменти.
- Поліпшення якості кінцевої продукції. Завдяки більш точній обробці та використанню якісних матеріалів вал-шестерня буде мати кращі характеристики та довше служити.

					КНУ.КБР.131.24.1-19.В	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 23360:2008
2. ДСТУ-5632
3. Каталог SECO Токарна обробка 2020.1
4. Каталог абразивного інструменту Luca Abrasive 2015 рік
5. Каталог Різцетримачів для токарних верстатів з ЧПУ за DIN 69880 (VDI 3425)
6. Каталог Seco оснащення та допоміжний інструмент 2020
7. Каталог SECO фрезерування 2020
8. Каталог SECO Tooling 2012

					<i>КНУКБР.131.24.1-19.СВД</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>	<i>Швачка</i>				<i>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Нечасів</i>						<i>58</i>	<i>58</i>
<i>Н. Контр.</i>	<i>Рязанцев</i>					<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Нечасів</i>							

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

(підпис)

Швачка І.Р,

Керівник КБР

(підпис)

Нечасв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

(підпис)

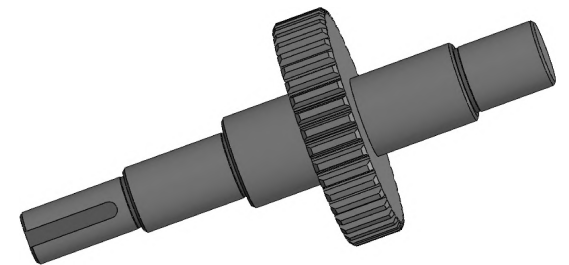
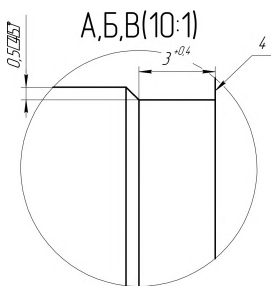
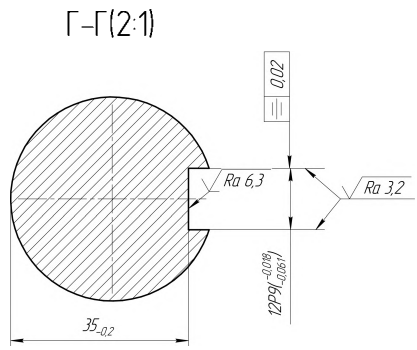
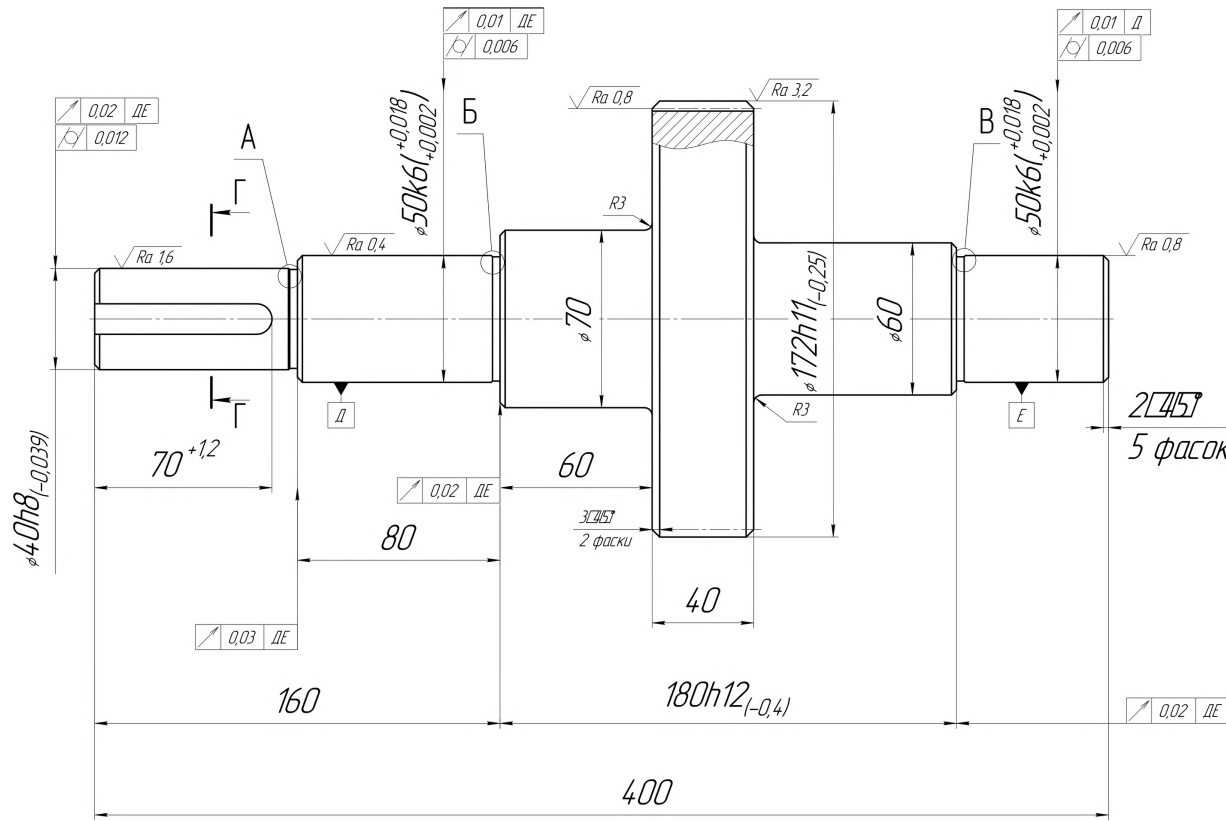
Нечасв В.П.

Кривий Ріг
2024 р.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Креслення						
A2		1	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ВШ	Вал-шестерня	1	
A2		2	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ИН	Инструментальне налагодження	1	
A2		3	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ФДМ	Фреза дискова моульна	1	
A3		4	КНУ.КРБ.131.24.19-01.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1	
A3		5	КНУ.КРБ.131.24.19-01.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1	

КНУ.КБР.131.24.19-01.ВЕД				
Изм.	Лист	□□□□□□□□	Подп.	Дата
Разраб.	Швачка			
Пров.	Нечаев			
Н.контр.	Рязанцев			
Утв.	Нечаев			
Відомість електронних документів КБР				Лит. Лист Листов
Кафедра ТМ гр. ПМ-20				1

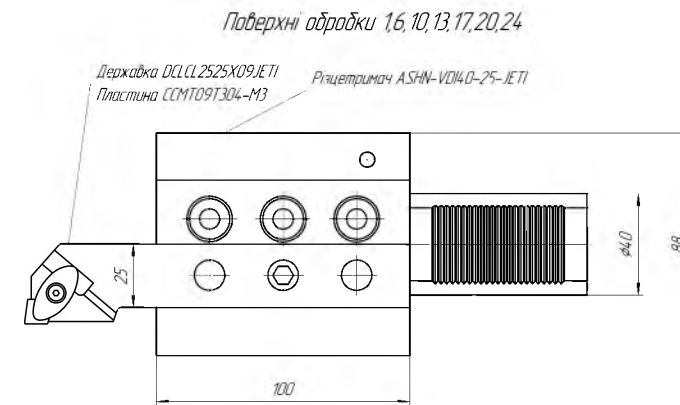
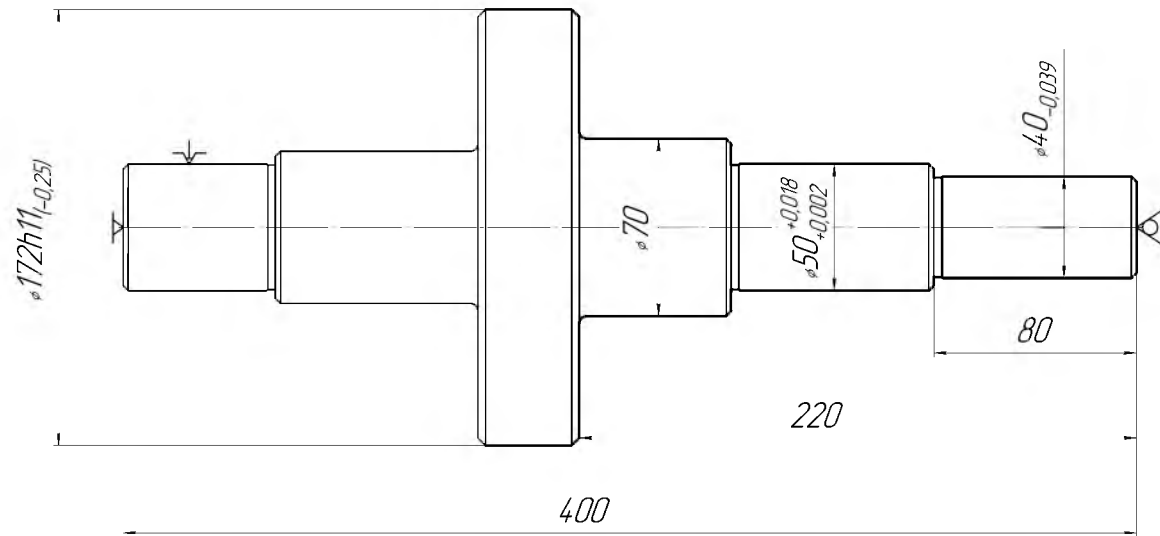
Модуль	m	4
Число зубів	z	41
Дильний діаметр	d	164
Ступінь точності	-	7-С



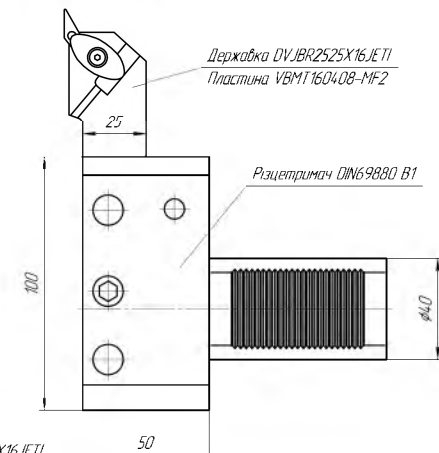
- 1 HRC 46±2
- 2 Неказані граничні відхилення: H14, h14, ±IT14/2
- 3 Кромки зубів притупити фаскою 0,5×45°

КНУ.РК.131.23.19.ВШ			
№ Ліста	Кількість	Листів	Лист
1	1	1	1
Назва		Вал-шестерня	11
Матеріал		Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015	Каретка ТМ
Корекції		Розміри А.В	гр. ПМ-20
Корекції		Розміри В.В	

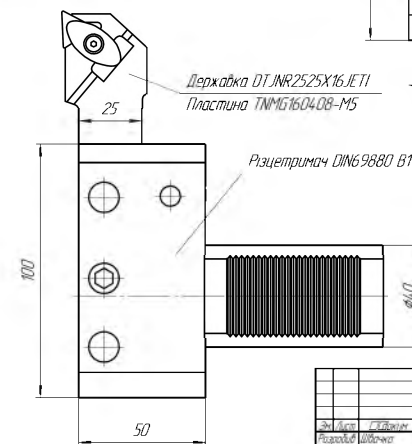
Операція токарна з ЧПК, верстат моделі Doosan PUMA GT2100



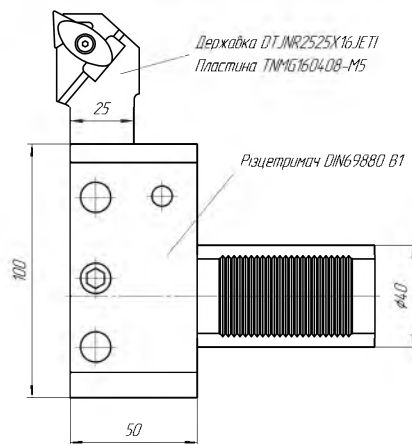
Поверхні обробки 4,8,15,22



Поверхні обробки 4,8,15,22



Поверхні обробки 2,4,5,7,8,9,11,12,15,18,19,21,22,23



Інструментальний комплекс

Інструмент	Пластина (геометрія)	Матеріал пластини	Допоміжний інструмент
Прохідний різець DTJNR2525X16JETI	TNMG160408-M5	TP3501	Різдцетримач DIN 69880 B1
Прохідний різець DVJBR2525X16JETI	CCMT09T304-M3	TP1501	
Прохідний різець DVJBR2525X16JETI	VBMT160408-MF2	TP2501	Різдцетримач DIN 69880 B1
Підрізний різець DCLCL2525X09JETI	CCMT09T304-M3	TP1501	Різдцетримач ASHN-VD140-25-JETI

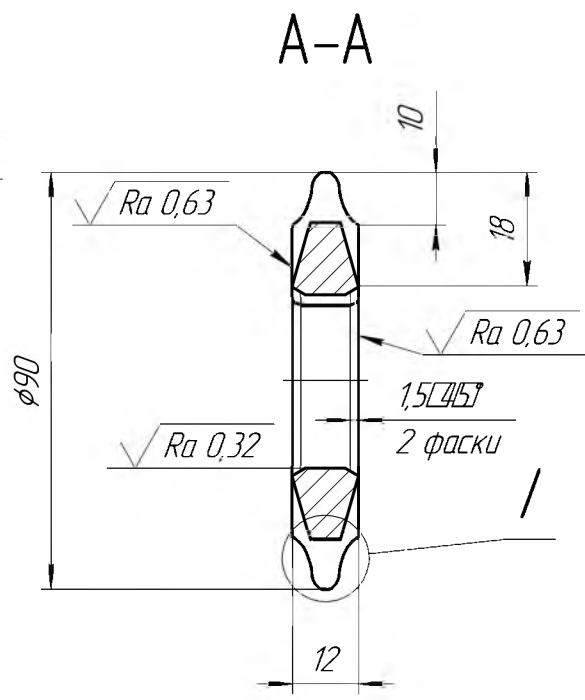
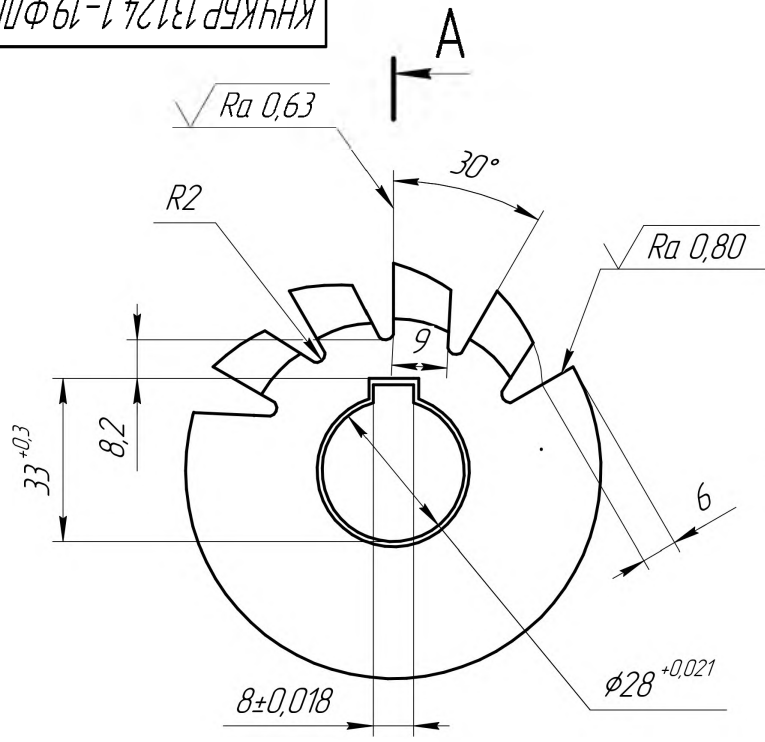
КНУКБР.131.24.19-09.ІН

Інструментальне налагодження				Лист	Маса	Максимум
Зроблено	Перевірено	Листів	Листів			1/1
Відхилено	Немає					
Належно	Різдцетримач					
Лист	Листів					

Код. ТМ
зр.ПМ-20

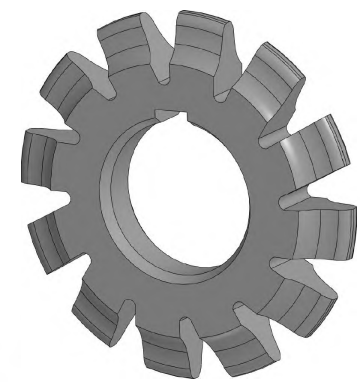
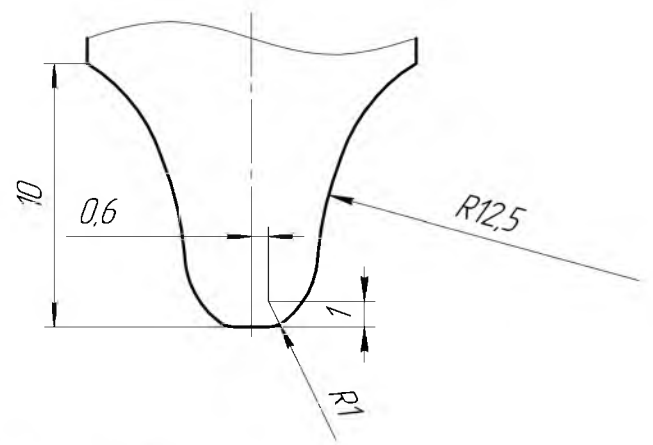
КНУ.КБР.131.24.1-19.ФДМ

$\sqrt{Ra 6,3 (\sqrt{1})}$



Модуль	m	4
Число зубів	Z	12
Кут профілю	α	20°
Коеф. висоти зуба	h	0,8
Коеф. радіального зазору	c	1
Ступінь точності нарізаемого колеса		9B
Число зубів нарізаемого колеса	Z	41

1 (5:1)

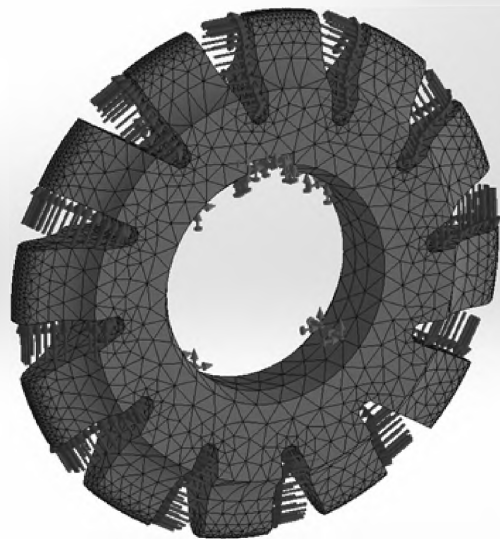


- 1 HRC 62...64.
- 2 Радіальне біття вершин зубів не більше 0.03 мм.
- 3 Торцеве біття не більше 0.04 мм.
- 4 На ріжучих кромках не допускаються завали, припали, вифарбовування.
- 5 Невказанні граничні відхилення розмірів: отворів по H12, валів по h12, інших $\pm \frac{IT12}{2}$

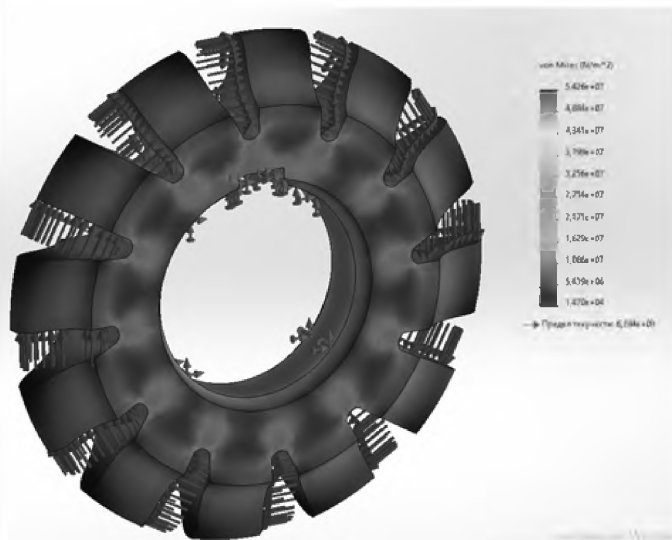
				КНУ.КБР.131.24.1-19.ФДМ		
				Фреза дискова модульна		
Зм. Лист	О. Сидим	Підпис	Дата	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Швачка			H		1:1
Керівник	Нечаєв			Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Каф. ТМ		
Затв.	Нечаєв			гр. ПМ-20		
				Р6М5 ДСТУ 4738-2007		

КОМПАС-3D v21 Учебная версия © 2022 ООО "АКООН-Системы проектирования", Россия Все права защищены

Кінцеві елементи (сітка)



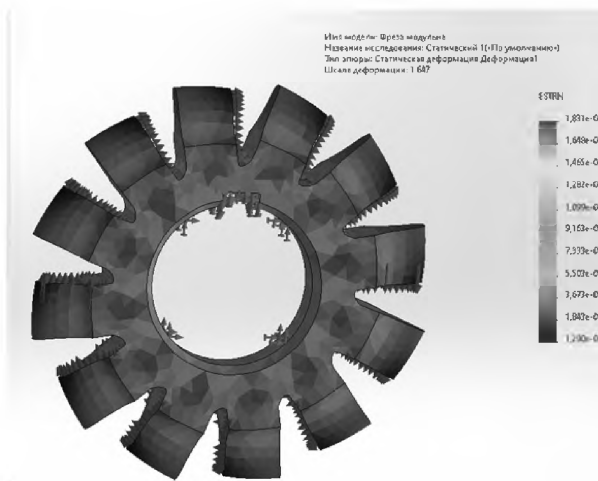
Дослідження «Напруження» в SW Simulation



Дослідження «Переміщення» в SW Simulation

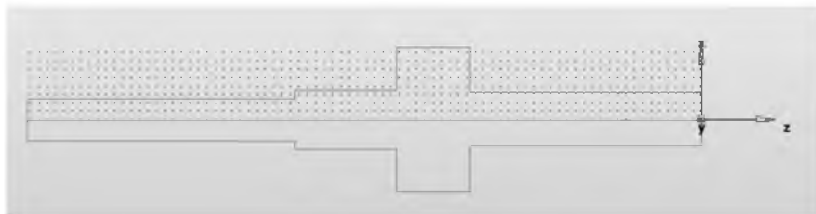


Дослідження «Деформація» в SW Simulation

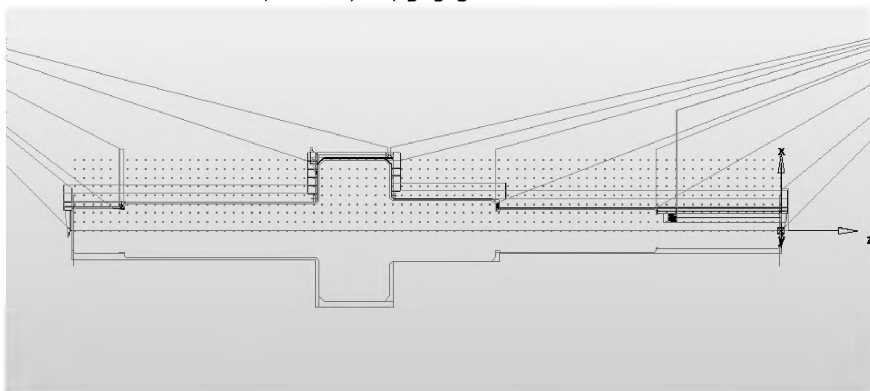


КНУКБР.13.124.1-19.ІАСРІ							
Зм.	Лист	Підпис	Дата	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	Лит.	Маса	Масштаб
Розробив	Швачка				Н		
Керівник	Нечаєв				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-20			
Затв.	Нечаєв						

Контур заготовки Вал-шестерні у Feature CAM



Траєкторія руху у Feature CAM



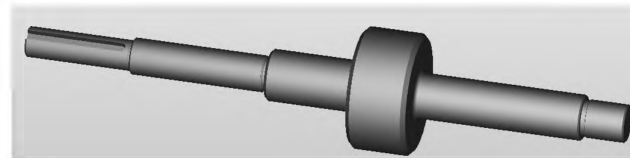
Результат симуляції на верстаті 1-го установка



Результат симуляції на верстаті 2-го установка



Кінцевий результат обробки у Feature CAM



Код управляючої програми у вікні Feature CAM



					КНУ.КБР.131.24.1-19.МПМО		
Эм/Лист	Правим	Подпис	Дата	Моделирование процесса механической обработки	Лит	Маса	Масштаб
Разработ	Швачка				H		
Керівник	Нечаев				Лист	Листів	1
Н.контр.	Рязанцев			Кафедра ТМ			
Затв.	Нечаев			гр. ПМ-20			