

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Зірочка» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Виконав: здобувач
групи ПМ-21
Щербаков В.Д.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Нечаєв В.П.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Зірочка» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Виконав здобувач гр. ПМ-1

(підпис)

Щербаков В.Д.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанев А.О.

м. Кривий Ріг
2025 р.

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувач гр. ПМ-21 Щербаков Владислав Дмитрович

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Зірочка» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

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

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

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи _____ р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Зірочка». 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. Зірочка. 2. Черв'ячна фреза. 3. Моделювання процесу обробки. 4. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту. 5. Верстатньо-інструментальне налагодження.

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: «___» _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР

/Нечаєв В.П.

Завдання отримав
здобувач освіти

/Щербаков В.Д..

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
						Документация			
		A4		1	КНУ.КБР.131.25.1-24.ПЗ	Пояснювальна записка	46		
						Креслення			
Справ. №	A3		2	КНУ.КБР.131.25.1-24.З	Зірочка	1			
	A3		3	КНУ.КБР.131.25.1-24.ЧФ	Черв'ячна фреза	1			
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.1-24.МПМО	Моделювання процесу механічної обробки	1			
	A3		5	КНУ.КБР.131.25.1-24.ІАСРІ	Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	1			
	A1		6	КНУ.КБР.131.25.1-24.ВІН	Верстатньо-інструментальне налагодження	1			
Подп. и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата			
Подп. и дата		Инв. № подл.		Взам. инв. №		Подп. и дата			
Инв. № подл.		Изм. Лист		№ докум.		Подп.		Дата	
		Разраб.		Щербаков					
		Проб.		Нечасов					
		Н.контр.		Нечасов					
		Утв.		Рязанцев					
КНУ.КБР.131.25.1-24.ВМКБР						Відомість матеріалів КБР			Лит.
									Лист
									Листов
									1
						Кафедра ТМ			
						гр. ПМ-21			
						Формат			A4

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КБР містить: 46 стор., 39 рисунки, 11 таллиць, 4 листів графічної частини.

Мета роботи: розробка та інженерний аналіз спеціального різального інструменту для ефективної обробки поверхонь транспортних зірочок.

Об'єкт дослідження – процес обробки поверхонь транспортних зірочок для конвеєрних ланцюгів.

Предмет дослідження – спеціальний різальний інструмент, призначений для фрезування зубців на зірочці, його розробка, виготовлення та аналіз.

Сучасне машинобудування вимагає високого рівня точності, ефективності та автоматизації на всіх етапах виробництва. Одним із ключових елементів провідних механізмів у конвеєрних системах є зірочка – деталь, що передає рух за допомогою ланцюгової передачі та безпосередньо впливає на загальну надійність і довговічність обладнання.

У зв'язку з цим, конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення зірочки, а також обґрунтування параметрів спеціального різального інструменту, зокрема черв'ячної фрези, є важливими завданнями для забезпечення стабільного та економічного вигідного виробництва.

Метою цієї дипломної роботи є створення ефективного процесу виготовлення деталі «зірочка» з урахуванням сучасних вимог до продуктивності, собівартості та автоматизації. Для досягнення цієї мети проведено геометричне та інженерне моделювання, аналіз технологічності конструкції, а також вибір оптимальних режимів обробки.

У процесі розробки були застосовані CAD/CAM/CAE системи (SolidWorks та Autodesk FeatureCAM) для створення тривимірної моделі зірочки, моделювання процесів обробки, підбору інструментів та аналізу навантажень на зубці фрези. В рамках інженерного аналізу було обґрунтовано конструкцію та параметри черв'ячної фрези, що забезпечує точну та економічну обробку заготовки.

Результати роботи можуть бути використані для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталей ланцюгових передач, а також для впровадження автоматизованих рішень у сфері машинобудува

КОНВЕЄРНИЙ ЛАНЦЮГ, ЗІРОЧКА, ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА, СОБІВАРТІСТЬ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, МОДЕЛЮВАННЯ.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.Р		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.	Щербаков						
Перевір.	Нечаєв						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев				Каф. ТМ гр. ПМ-21		
					Літ.	Арк.	Акрцшів
						1	

ABSTRACT

The explanatory note to the CBD contains: 46 pages, 39 figures, 11 tables, 4 sheets of graphic part.

Modern mechanical engineering requires a high level of accuracy, efficiency and automation at all stages of production. One of the key elements of drive mechanisms in conveyor systems is a sprocket - a part that transmits movement using a chain transmission and directly affects the overall reliability and durability of the equipment.

In this regard, design and technological preparation for the manufacture of a sprocket, as well as substantiation of the parameters of a special cutting tool, in particular a worm cutter, are important tasks for ensuring stable and economically profitable production.

The purpose of this thesis is to create an effective process for manufacturing a "sprocket" part, taking into account modern requirements for productivity, cost and automation. To achieve this goal, geometric and engineering modeling, analysis of the design feasibility, as well as the selection of optimal processing modes were carried out.

During the development process, CAD/CAM/CAE systems (in particular SolidWorks and Autodesk FeatureCAM) were used to create a three-dimensional model of the sprocket, simulate machining processes, select tools, and analyze loads on the cutter teeth. As part of the engineering analysis, the design and parameters of the worm cutter were substantiated, which ensures accurate and economical machining of the workpiece.

The results of the work can be used to improve the technological process of manufacturing chain transmission parts, as well as to implement automated solutions in the field of mechanical engineering.

CONVEYOR CHAIN, SPROCKET, WORM CUTTER, COST, AUTOMATION, MODELING

					КНУ.КБР.131.25.1-24.Р	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	8
1 Аналіз службового призначення машини, вузла та деталі	9
1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних	9
1.2 Функціональне призначення виробу як складового елемента машинного вузла. Конструктивні особливості деталі, принципи її роботи в механізмі, характеристика її участі у кінематичних процесах та силових передачах.....	10
1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання	11
2 Технологічна підготовка виробництва деталі	13
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміни	13
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей	14
2.3 Технічний контроль робочого креслення	16
2.4 Розробка технологічного процесу обробки деталі та підбір обладнання.....	16
3 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами.....	20
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі	20
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів	20
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту.....	26
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	27
4 Проектування та інженерний аналіз різального інструменту	30
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту ...	30
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту	31
5 Моделювання та програмування операцій механічної обробки	34
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора.....	34
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм	35
6 Організаційно-економічна підготовка виробництва	38
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників	38
6.2 Охорона праці та екологія виробництва	43
Висновки	45
Список використаних джерел.....	46

					КНУ.КБР.131.25.1-24.3		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЗМІСТ		
Розроб.		Щербаков					
Перевір.		Нечаєв					
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев			Літ.		
					Арк.	1	Акрцшів
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

ВСТУП

Машинобудування є однією з ключових галузей промисловості, що формує технічний потенціал країни та забезпечує розвиток інших секторів економіки. Від рівня розвитку машинобудівного комплексу залежить ефективність виробництва, якість продукції, енергозбереження та конкурентоспроможність на світовому ринку.

У сучасних умовах глобалізації та технічного прогресу зростає потреба в удосконаленні існуючих машин і механізмів, підвищенні їх надійності, продуктивності та точності. Паралельно з цим виникає необхідність у розробці нових конструкцій, які відповідають високим стандартам безпеки, екологічності та енергоефективності.

Сучасне машинобудування активно впроваджує цифрові технології, автоматизовані системи проєктування (CAD), комп'ютерне моделювання процесів (CAE) та системи автоматизованої підготовки виробництва (CAM).

Використання таких програмних комплексів, як SolidWorks, FeatureCAM, дозволяє скоротити терміни проєктування, зменшити кількість помилок на етапі виготовлення та забезпечити високу кінцеву продукту.

Одним з головних напрямків підвищення ефективності машинобудівного виробництва є впровадження новітніх технологій процесів, автоматизація та роботизація. Особливо актуальним це є для обробки металів, де якість і швидкість виготовлення деталей безпосередньо впливають на загальну продуктивність підприємства.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-24.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВСТУП</i>		
<i>Розроб.</i>		<i>Щербаков</i>					
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>					
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцшів</i>
						<i>1</i>	
					<i>Каф. ТМ гр. ПМ-21</i>		

1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА ТА ДЕТАЛІ

1.1. Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Основою для написання кваліфікаційної роботи стало креслення деталі «Зірочка», отримане під час практики на виробництві. Її 3D-модель зображено на рис. 1.1.

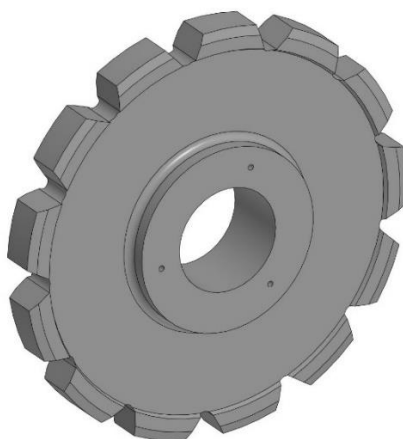


Рисунок 1.1 – 3D-модель деталі «Зірочка»

Технічне завдання розроблено для інженерного аналізу спеціального різального інструменту призначеного для ефективної обробки поверхонь деталі «Зірочка» переднього колеса.

Річний обсяг виробництва становить: 1500 одиниць.

Основні етапи виконання завдання:

1. Аналіз вимог до обробки зірочок передніх коліс та визначення ключових параметрів, що впливають на якість виготовлення.
2. Розробка концепції спеціального різального інструменту, який задовольняє встановлені технічні вимоги.
3. Інженерний аналіз результатів тестування для оцінки точності та ефективності роботи інструменту.

Об'єкт дослідження: процес механічної обробки поверхонь зірочок

					КНУ.КБР.131.25.1-24.01.АСПМ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Щербаков					
Перевір.		Нечаєв					
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					

передніх коліс у автомобілебудуванні.

1.2 Функціональне призначення виробу як складового елемента машинного вузла. Конструктивні особливості деталі, принципи її роботи в механізмі, характеристика її участі у кінематичних процесах та силових передачах.

Зірочка - елемент приводу, який використовується для передачі обертального моменту за допомогою ланцюгової передачі. Вона взаємодіє з ланцюгом, забезпечуючи узгоджене обертання двох або більше механізмів (рис.1.2).



Рисунок 1.2 – Зірочка в ланцюговій передачі

Призначення зірочки:

- передача крутного моменту між валами;
- синхронізація руху між механізмами;
- перетворення обертального руху на поступальний
- робота в умовах підвищених навантажень
- Конструкція зірочки включає:
- тіло – основна частина, що кріпиться до вала за допомогою шпонки, шліців або втулки
- зубці – зачіплюють за ланки ланцюга, забезпечуючи передачу руху;
- центричний отвір – для встановлення на вал;
- кріпильні елементи – отвори або різьби для фіксації (у складних вузлах)

Зірочки бувають різних типів: однорядні, багаторядні, з внутрішнім або зовнішнім зачепленням, цілісні або складові. Їхня форма та розмір залежать від типу ланцюга та умов експлуатації. Якість виготовлення зірочки безпосередньо впливає на довговічність і надійність роботи всієї передачі.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Ланцюговий привід – механічна передача, в якій енергія передається від ведучої зірочки до веденої за допомогою гнучкого елемента – ланцюга. (рис.1.3)

Основні складові ланцюгового приводу:

- Ланцюг
- Зірочки
- Натягачі та напрямні

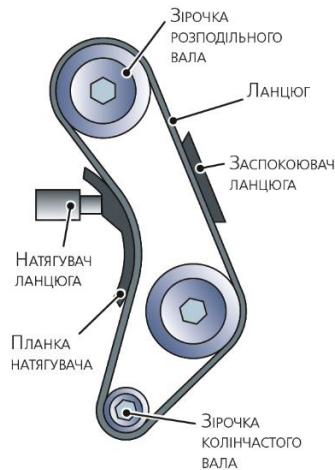


Рисунок 1.3 – схема ланцюгового приводу

1.3 Розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання

Різьбові отвори є конструктивними елементами зірочки. Зробимо розрахунок параметрів точності різьбового з'єднання.

Вихідні дані: розрахувати параметри різьби M8x7H

M – метрична різьба

8 – номінальний діаметр різьби, мм

1,25 – крок різьби P, мм

7H – поле допуску середнього діаметру різьбового отвору

7H – поле допуску внутрішнього діаметру різьбового отвору

1.3.1 Визначимо номінальні значення діаметрів різьби

Зовнішній – $D = 8$ мм – не нормується

Середній – $D_2 = D - 1 + 0,166 = 8 - 1 + 0,166 = 7,166$ мм.

Внутрішній $D_1 = D - 2 + 0,712 = 8 - 2 + 0,712 = 6,712$ мм.

1.3.2 Визначення граничних відхилень діаметрів

Визначемо граничні відхилення залежно від номінального діаметра, кроку різьби та поля допуску:

					КНУ.КБР.131.25.1-24.01.АСПМ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Зірочка транспортна для конвеєрного ланцюга — це ключова деталь конвеєрного механізму, яка забезпечує передачу руху від привідного вала до ланцюга. Вона виконує функцію направлення та утримання ланцюга в робочому положенні, а також передає зусилля, необхідне для транспортування вантажу по конвеєру. Зірочка сприймає значні навантаження, що виникають під час руху, зупинок, зміни напрямку або перевантаження системи.

Зірочка встановлюється на валу за допомогою шпонкового з'єднання або іншого типу фіксації, що забезпечує її надійне кріплення і синхронне обертання з валом. На зовнішньому колі зірочки розташовані зубці, які входять у зачеплення з роликами або пальцями ланцюга, що забезпечує точну передачу руху без прослизання.

Залежно від умов експлуатації, зірочка може виготовлятися зі зносостійкої сталі або знімними зубцями (сегментами), які можна замінювати при зношенні. Це дозволяє збільшити ресурс роботи всього конвеєра та зменшити витрати на обслуговування.

Зірочка транспортна є однією з найвідповідальніших деталей у приводі ланцюгового конвеєра. Її вихід з ладу, як правило, відбувається лише внаслідок тривалої роботи у важких умовах, неправильної експлуатації або порушення регулярного технічного обслуговування.

Дані про матеріал приведені в таблиці 2.1 та 2.2

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі Ст3сп ДСТУ 2651:2005

Хімічний елемент	%
Вуглець (C)	0,14 – 0,22
Кремній (Si)	0,15 – 0,30
Марганець (Mn)	0,40 – 0,65
Фосфор (P)	0,02 – 0,04
Сірка (S)	0,03 – 0,05

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі Ст3сп ДСТУ 2651:2005

Заготовка	σ_B , МПа	HB, МПа · 10 ⁻¹	Термообробка
Відливка	372	131	-

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-24.02.ТПВД</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Щербаков			ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	Літ.	Арк.	Акрцшив
Перевір.		Нечаєв					1	
Н. Контр.		Нечаєв				Каф. ТМ гр. ПМ-21		
Затверд.		Рязанцев						

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

Відповідно до кінцевих вимог щодо точності та якості поверхонь деталі, ми вибираємо послідовність технологічних методів обробки, які в сукупності забезпечують необхідні параметри, вказані на робочому кресленні

Обрана технологічна послідовність наведена в таблиці 2.3, а позначення поверхонь деталі показані на рисунку 2.1.

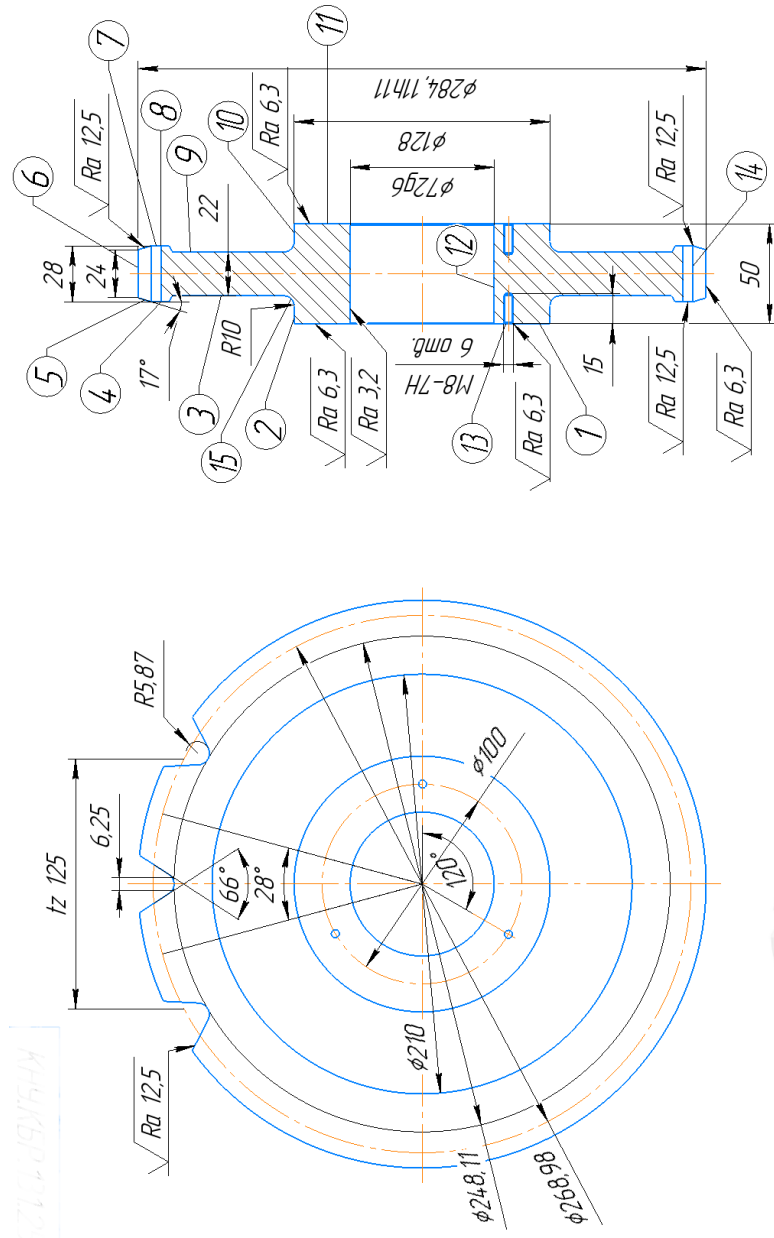


Рисунок 2.1 – Нумерація поверхонь деталі «Зірочка»

					КНУ.КБР.131.25.1-24.02.ТПВД		Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата			

Таблиця 2.3 – Технологічні методи з обробки поверхонь деталі

№з/п	Розмір, мм	Технологічні методи обробки	Допуск, IT	Шорсткість Ra, мм	Примітка
1	2	3	4	5	6
1, 11	L50		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця	h14	6,3	
2, 10	Ø128				
		Півчистове точіння			
3, 9	L22				
		Півчистове точіння			
4, 8	L28		h14	12,5	
		Чорнове точіння	h14	12,5	
5, 7	2 фаски 2x17°		h14	12,5	
		Чорнове точіння	h14	6,3	
6	Ø284,11		h14	12,5	
		Чорнове підрізання торця	h11	6,3	
12	Ø72		g6	12,5	
			g6	6,3	
		Розточування чорнове	g6	3,2	
13	6 отворів M8-7H		H14	12,5	
		Свердління Нарізання різьби мітчиком	7H	6,3	
14	13 зубців m=2		h14	12,5	
		Фрезерування зубців	h14	6,3	
15	R10		h14	12,5	
		Розточування чорнове	h14	6,3	

2.3 Технічний контроль робочого креслення

На кресленні деталь представлена головним видом та видом зліва. Усі необхідні розміри, параметри шорсткості поверхонь та допуски вказані відповідно до вимог виготовлення. Додатково зазначені технічні умови, а також вказано, де застосовується нестандартна шорсткість. Вказані поверхні, завдяки яким виконуватимуться технологічні методи обробки, такі як: чорнове точіння, півчистове точіння, чистове точіння, свердління, різьбонарізання, та зубонарізання. За цією інформацією можливо уявити габарити деталі, її форму та розташування отворів у ній.

2.4 Розробка технологічного процесу обробки деталі та підбір обладнання:

005 – токарна чорнова обробка: здійснюється обробка зовнішніх та внутрішніх циліндричних поверхонь

010 – токарна получистова та чистова обробка: досягнення необхідної шорсткості поверхонь, обробка посадкових ділянок

015 – свердлильна обробка: виконуються свердління та розгортання отворів, нарізання різьби, обробка радіусів і фасок.

020 – зубонарізна операція: формується вінець зірочки

Враховуючи кількість та характер запланованих технологічних операцій, підберемо необхідне металорізальне обладнання та інструменти. Відповідні дані наведено в таблиці 2.4.

Усі токарні операції виконуватимемо на токарно-револьверному верстаті з ЧПУ моделі 1П420Ф40. Цей багатоопераційний верстат призначений для високоточної обробки деталей із чорних та кольорових металів, включаючи свердління, розточування та нарізання різьби. Міцна станина та потужний привід забезпечують стабільність і точність обробки як при чорнових, так і при чистових операціях.

Завдяки револьверній головці з числовим програмним управлінням верстат дозволяє швидко змінювати інструменти та виконувати складні багатопереходні операції без додаткових переналагоджень.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.2 – Токарно-револьверний верстат з ЧПУ моделі 1П420Ф40

Технічні характеристики

- Найбільший діаметр заготовки, встановленої над станиною, мм – 450
- Найбільший допустимий крутний момент, КНм: на головному шпинделі/ на інструментальному шпинделі – 500/10
- Найбільший діаметр оброблюваної деталі, мм: штучної заготовки/з прутка – 200/50
- Частота обертання, об/хв: головного шпинделя/інструментального шпинделя – 20 4000/20 1500
- Потужність приводу головного руху, кВт – 22
- Габаритні розміри верстата, мм: (Д х Ш х В) – 4310 х 2260 х 2300
- Маса верстата, кг – 5900

Свердлильні операції виконуємо на верстаті Precision Drill Pro 5000. Цей високотехнологічний свердлильний верстат з ЧПУ призначений для точного виконання операцій, таких як обробка отворів, зенкування, та нарізання різьби в деталях з різних матеріалів, включаючи конструкційні сталі сталі, алюмінієві сплави та кольорові метали. Precision Drill Pro 5000 забезпечує високу точність і повторюваність, що особливо важливо при обробці складних контурів, свердлінні по колу або виготовленні прецизійних деталей.

Завдяки потужному приводу, інтуїтивному керуванню ЧПУ та можливості інтеграції в автоматизовані лінії, Precision Drill Pro 5000 є ідеальним рішенням для середньосерійного виробництва. Його використання дозволяє значно підвищити якість обробки та скоротити виробничий цикл завдяки високій швидкості та точності виконання операцій.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Свердильний верстат з ЧПУ Precision Drill Pro 5000

Технічні характеристики

- Розміри заготовок, мм – до 1000 x 800 x 500
- Діаметр свердління, мм – до 30
- Максимальна глибина свердління, мм – до 250
- Максимальна швидкість інструмента, об/хв – 2000
- Точність обробки, мм – 1
- Зміна інструментів – автоматична зміна інструментів
- Система збору стружки – автоматична збірка стружки
- Продуктивність – до 200 отворів на годину
- Потужність, кВт – 5

Зубофрезкування зубчастих елементів, виконуємо на верстаті Liebherr LC 280. Цей сучасний зубофрезерний центр з числовим програмним управлінням призначений для високоточної обробки зовнішніх прямозубих коліс, зірочок та аналогічних деталей із забезпеченням заданої геометрії профілю зуба та високої точності зачеплення. Верстат Liebherr LC 280 широко використовується в сучасному машинобудуванні. Завдяки жорсткій конструкції, цифровому управлінню Siemens 840D та можливості інтеграції з CAD/CAM – системами, Liebherr LC 280 забезпечує автоматизацію технологічного процесу, скорочення кількості допоміжних операцій і підвищення загальної ефективності виготовлення зубчастих виробів, включаючи складні профілі з великою кількістю зубців, як у випадку транспортних зірочок.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Зубофрезерний верстат з ЧПУ Liebherr LC 280

Технічні характеристики

- Максимальний діаметр заготовки, мм – 300
- Максимальний модуль (сталь) – 6
- Максимальна ширина зубчастого він, мм – 320
- Максимальна вага заготовки, кг – 80
- Діаметр зубофрези, мм – 160
- Максимальна довжина фрези, мм – 200
- Максимальна частота обертання інструменту, об/хв – до 3000
- Кількість керованих осей (CNC) – 5
- Система ЧПУ – Siemens Sinumerik 840D sl
- Тип інструментального приводу – електрошпиндель із змінною частотою
- Тип фрезування – методом обкатки
- Точність позиціонування - ± 4 мкм

Таблиця 2.4 – вибір матолорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№	Найменування операції	Тип верстату
1	2	3
1, 11	Чорнове підрізання торця	1П420Ф40
2, 10	Півчистове точіння	1П420Ф40
3, 9	Півчистове точіння	1П420Ф40
4, 8	Чорнове точіння	1П420Ф40
5, 7	Чорнове точіння	1П420Ф40
6	Чорнове підрізання торця	1П420Ф40
12	Розточування	1П420Ф40
13	Свердління Нарізання різьби мітчиком	Precision Drill Pro 5000
14	Фрезування зубців	Liebherr LC 280
15	Розточування	1П420Ф40

					КНУ.КБР.131.25.1-24.02.ТПВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі

Відповідно до технології обробки поверхонь цієї деталі, ми обираємо інструменти для різання металу. Для кожної окремої поверхні підбирається відповідний різальний інструмент, після чого створюється його макет. Усі дані заносяться до таблиці 3.1.

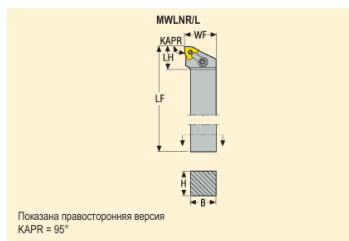
Таблиця 3.1 – Визначення типів інструментів для обробки різних поверхонь деталі

№ з/п	Найменування операції	Тип інструменту	Примітка
1	2	3	4
1, 11	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	
2, 10	Півчистове точіння	Прохідний різець	
3, 9	Півчистове точіння	Прохідний різець	
4, 8	Чорнове точіння	Прохідний різець	
5, 7	Чорнове точіння	Прохідний різець	
6	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	
12, 15	Розточування	Розточний різець	
13	Свердління Нарізання різьби мітчиком	Свердло Мітчик	
14	Фрезування зубців	Черв'ячна фреза	
15	Розточування	Розточний різець	

3.2 Визначення параметрів різальної частини інструментів

Обираємо та технічно обґрунтовуємо матеріали різальних частин інструментів, а також їх геометричні параметри з урахуванням сучасних каталогів. Отримані дані вносимо до таблиці 3.2.

Чорнове точіння та чорнове підрізання торця
Позиції 1,4,5,7,8,11



					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ		
Розроб.	Щербаков						
Перевір.	Нечаєв						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Акрцшів
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

Рисунок 3.1 – Державка MWLNL3232P08 [4, 277]
 Геометричні параметри: $H=32$ мм; $B=32$ мм; $LF=170$ мм; $WF=40$ мм; $LH=31$ мм; $GAMO^\circ=-6$; $LAMS^\circ=-6$; $KG=1,4$.

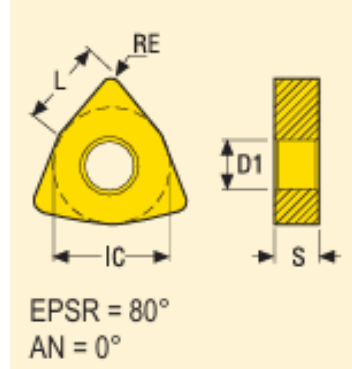


Рисунок 3.2 – пластина WNMG060408-MF2; CVD покриття TP1501 [4, с. 475]
 Геометричні параметри: $RE=0,8$ мм; $IC=9,53$ мм; $L=6,5$ мм; $S=4,76$ мм;
 $D1=3,81$ мм.

Півчистове точіння
 Позиції 2,3,9,10

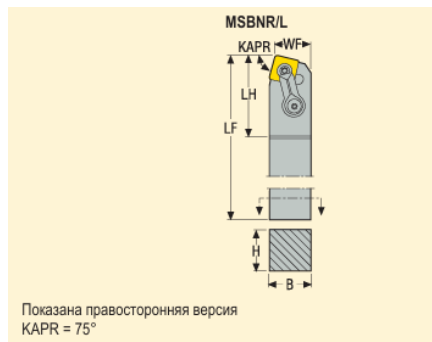


Рисунок 3.3 – державка MSBNL3232P19 [4, с. 275]
 Геометричні параметри: $H=32$ мм; $B=32$ мм; $LF=170$ мм; $WF=27$ мм; $LH=45$ мм; $GAMO^\circ=-6$; $LAMS^\circ=-6$; $KG=1,4$.

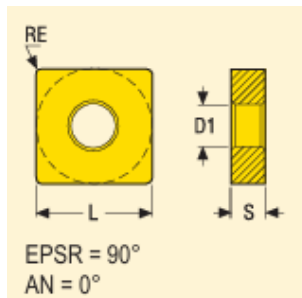


Рисунок 3.4 – Пластина SNMG150616-M5; CVD покриття TP25 [4, с. 451]
 Геометричні параметри: $RE=1,6$; $L=12,9$; $S=6,35$ $D1=6,35$

					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Розточування чорнове, получистове та чистове
Позиція 12,15

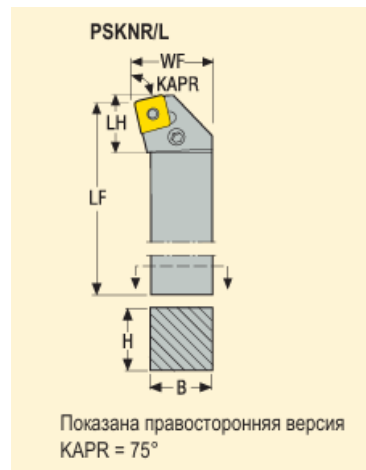


Рисунок 3.5 – Державка PSDNN4040S25 [4, с. 248]
Геометричні параметри: H=40 мм; B=40 мм; LF=250 мм; WF=20,2 мм; LH=48 мм; GAMO°=-6; LAMS°=-6; KG= 3.

Чорнове розточування

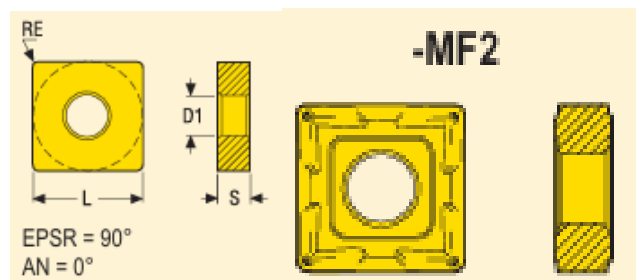


Рисунок 3.6 – Пластина SNMG120408-MF2; CVD покриття TP2501 [4, с. 450]
Геометричні параметри: RE=0,8 мм; IC=12,70 мм; L=12,70 мм; S=4,76 мм;
D1=5,15 мм.

Півчистове розточування

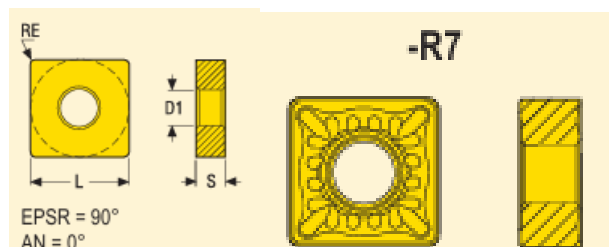


Рисунок 3.7 – Пластина SNMM190624-R7; CVD покриття TP25 [4, с.453]
Геометричні характеристики: RE=2,4 мм; L=19,05 мм; S=6,35 мм; D1=7,92 мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

Чистове розточування:

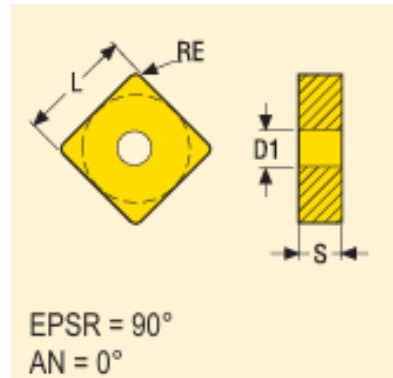


Рисунок 3.8 – Пластина SNGA12048S-02020-L1-D; CVD покриття CBN200 [4, с.490]

Геометичні параметри: RE=0,8 мм; L=12,700 мм; S=4,76 мм; D1=5,15 мм.

Свердління та різьбонарізання:

Позиції 13

Свердління:

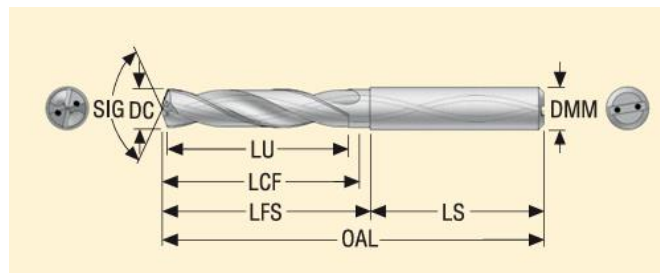


Рисунок 3.9 – Свердло SD1103A-0675-024-08R1; покриття TiAlN [5, с. 32]

Геометричні параметри: DC=6,75 мм; LU=24 мм; OAL=79 мм; LFS=43 мм; LS=36 мм; LCF=34 мм; DMM=8 мм.

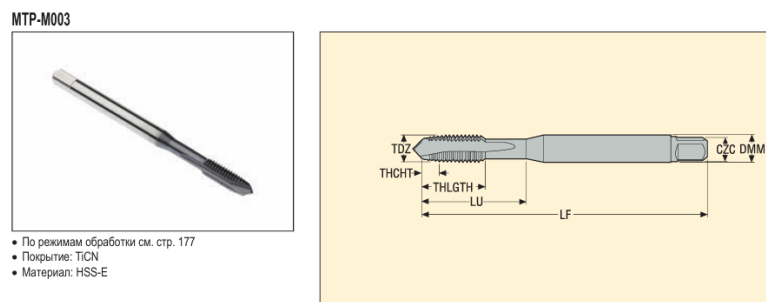


Рисунок 3.10 – Мітчик MTP-M8X1.25ISO6H-TB-M003, покриття TiCN [5, с. 208]

Геометричні характеристики: TDZ=M8; mm=1,25; DMM=8,0; LU=35,0; THLGTH=17,4; LF=90; CZC=8,00X6.20; NOF=3; PHDR=6,8; BSG=DIN371; TCTR=7H; THCHT=B.

					КНУКБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докyм.	Підпис	Дата		

Фрезування зубців:
Позиції 14

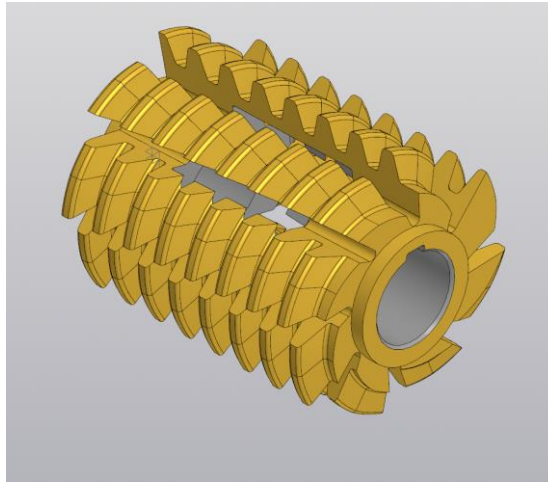


Рисунок 3.11 – Черв’ячна фреза М6Р6М5, матеріал Р6М5 [6]
Геометричні характеристики: $d\phi=65$ мм; $L=58$ мм; $d_l=40$ мм; $l=5$ мм; $zQ=8$;
 $hQ=10$; $\rho_{ao}=1,52$; $\rho_{fo}=1,2$; $K1=8$ мм; $K2=10$ мм; $\gamma=0^\circ$; $\nu=22^\circ$

Таблиця 3.2 – Обрані параметри різальної частини інструментів

№ пов.	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1,4,5,7,8,11.	Прохідний різець	TP1501	Сталь 40	RE=0,8 мм; IC=9,53 мм; L=6,5 мм; S=4,76 мм; D1=3,81 мм.
2,3,9,10.	Прохідний різець	TP25	Сталь 40	RE=1,6; L=12,9; S=6,35 D1=6,35.
12,15	Розточний різець	Чорнове – TP1501 Півчистове – TP25 Чистове - CBN200	Сталь 40	Чорнове: RE=0,8 мм; IC=12,70 мм; L=12,70 мм; S=4,76 мм; D1=5,15 мм. Півчистове: RE=2,4 мм; L=19,05 мм; S=6,35 мм; D1=7,92 мм. Чистове: RE=0,8 мм; L=12,700 мм; S=4,76 мм; D1=5,15 мм.
13	Свердло	Покриття TiCN	Сталь 40	DC=6,75 мм; LU=24 мм; OAL=79 мм; LFS=43 мм; LCF=34 мм; DMM=8 мм.
	Мітчик			TDZ=M8; mm=1,25; DMM=8,0; LU=35,0; THLGTH=17,4; LF=90; CZC=8,00X6.20; NOF=3; PHDR=6,8; BSG=DIN371; TCTR=7H; HCHT=B
14	Черв’ячна фреза	P6M5	Сталь 40	$d\phi=65$ мм; $L=58$ мм; $d_l=40$ мм; $l=5$ мм; $zQ=8$; $hQ=10$; $\rho_{ao}=1,52$; $\rho_{fo}=1,2$; $K1=8$ мм; $K2=10$ мм; $\gamma=0^\circ$; $\nu=22^\circ$.

Арк.

КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

Таблиця 3.3 – Вибір типорозміру різальних інструментів

№ поверхні	Найменування інструмента	Основні розміри інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Шифр інструменту (державки, пластини за міжнародними стандартами)
1	2	3	4	5
1,4,5,7,8,11	Прохідний різець	H=32 мм; B=32 мм; LF=170 мм; WF=40 мм; LH=31 мм; GAMO°=-6; LAMS°=-6; KG=1,4.	TP1501	Державка MWLNL3232P08 Пластина WNMG060408-MF2
2,3,9,10.	Прохідний різець	H=32 мм; B=32 мм; LF=170 мм; WF=27 мм; LH=45 мм; GAMO°=-6°; LAMS°=-6°; KG= 1,4.	TP25	Державка MSBNL3232P19 Пластина SNMG150616-M5
12,15	Розточний різець	H=40 мм; B=40 мм; LF=250 мм; WF=20,2 мм; LH=48 мм; GAMO°=-6; LAMS°=-6; KG= 3.	TP1501 TP25 CBN200	Державка PSDNN4040S25 Пластини SNMG120408-MF2 SNMM190624-R7 SNGA12048S-02020-L1-D
13	Свердло Мітчик	DC=6,75 мм; LU=24 мм; OAL=79 мм; LFS=43 мм; LS=36 мм; LCF=34 мм; DMM=8 мм. TDZ=M8; mm=1,25; DMM=8,0; LU=35,0; THLGTH=17,4; LF=90; CZC=8,00X6.20; NOF=3; PHDR=6,8; BSG=DIN371; TCTR=7H; THCHT=B	TiAlN TiCN	Цанговий патрон JIS B 6349 (MAX 403 BT) Різьбонарізний Патрон JIS B 6339 (MAS 403 BT)
14	Черв'ячна фреза	d _ф =65 мм; L=58 мм; d ₁ =40 мм; l=5 мм; z _Q =8; h _Q =10; ρ _{ao} =1,52; ρ _{fo} =1,2; K ₁ =8 мм; K ₂ =10 мм; γ=0°; ν=22°. d=32; D=56; L1=315	P6M5	Оправка ISO50A-32-315

Арк.

КНУКБР.131.25.1-24.03.ВРДІ

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

3.3 Розрахунок міцності конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних інструментів визначаються найбільш критичні умови експлуатації (чорнова обробка). Враховуючи параметри різання, обчислюються сили, що діють на інструмент. Доцільно використовувати автоматизовані методи розрахунку режимів різання. Обраний інструмент тестується на міцність при максимальному навантаженні. Для аналізу обрано прохідний різець РТТНЛ2525М16, оскільки він функціонує в найжорсткіших умовах. Характеристики різця: $D5m=38$ мм; $fl=25$ мм; $l=50$ мм; $Dm1=80$ мм; $Dm2=165$ мм, матеріал різця – сталь 40, в якій межа міцності $\delta_B=650$ МПа і допустимою напругою $\delta_{и.д.}=200$ МПа, матеріал заготовки – сталь СтЗсп з межею міцності $\delta_B=370$ МПа. Діаметр заготовки – 284,11 мм, припуск на обробку (на сторону – 2,5 мм), подача $S=0.6$ мм/об, виліт різця $l=50$ мм.

1. Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_Z = 9,81 \cdot C_{pz} \cdot t_{xpz} \cdot S_{ypz} \cdot K_{pz} \cdot H$$

де, $K_{pz} = 1$ – сумарний поправочний коефіцієнт
 $H_{pz} = 1$ – показник степені при глибині різання
 $u_{pz} = 0,75$ – показник степені при подачі.

$$P_Z = 9,81 \cdot 88 \cdot 2,51 \cdot 0,60,75 \cdot 1 = 1471 \text{ Н}$$

2. Діаметр перетину державки $d = 38$ мм.

3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження та допустима міцність різця:

$$P_{Z, \text{доп}} = \frac{\pi \cdot d^2 \cdot \delta_{и.д.}}{32 \cdot l} = \frac{3,14 \cdot 0,038^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{32 \cdot 0,05} = 67 \text{ кН} = 67000 \text{ Н}$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{Z, \text{жорс.}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 12,8 \cdot 10^{-8}}{(50 \cdot 10^{-3})^3} = 61440 \text{ Н}$$

де $f = 0,1$ мм – допустима стріла прогину при чорновій обробці;

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

J – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = 0,05d^4 = 0,05 \cdot 40^4 = 128000 \text{ мм}^4$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

$$P_{Z \text{ доп.}} > P_Z < P_{Z \text{ жорс.}}$$

$$567000 > 1471 < 61440$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Завдяки аналізу геометричних параметрів посадочних місць верстата та відповідних поверхонь різальних інструментів підбираємо допоміжні інструменти відповідно до міжнародних стандартів. Отримані результати заносимо до таблиці 3.4.

Операції точіння.

Позиції: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11.

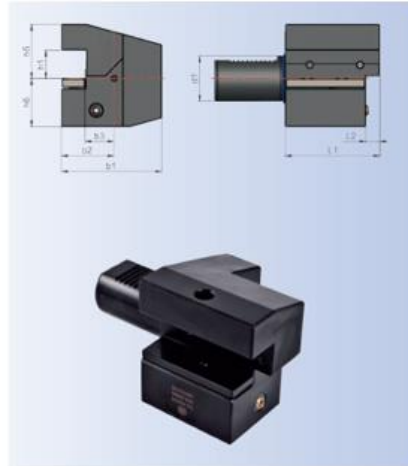


Рисунок 3.12 – Різцетримач правий радіальний короткий 10889-4 Форми С4 [7, с.5.07]

Геометричні параметри: $d_1=40$ мм; $h_1=25$ мм; $L_1=85$ мм; $L_2=12,5$ мм; $h_5=48$ мм; $h_6=42,5$ мм; $b_1=90$ мм; $b_2=47,5$ мм; $b_3=25,5$ мм.

Операції свердління та різьбонарізання

Позиції: 13

Свердління:

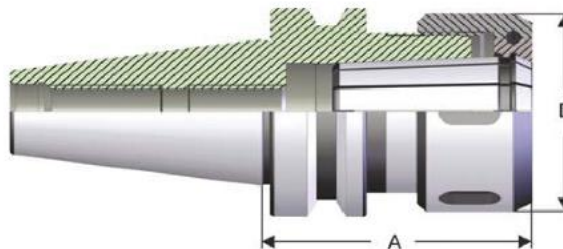


Рисунок 3.13 – Цанговий патрон JIS B 6349 (MAX 403 BT) [8, С-03]
Геометричні параметри $D=52$ мм; $A=70$ мм; Конус – BT40; Тип 467, діпазон (3-32)

					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

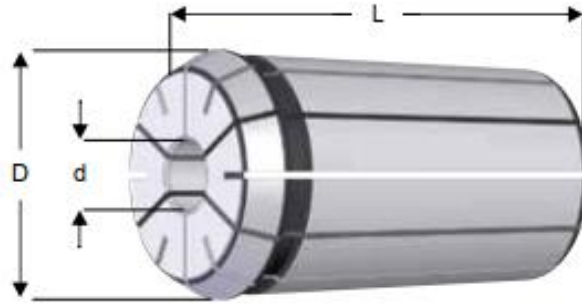


Рисунок 3.14 – Цанга презиційна DIN 6388 тип 467 [8, G-10]
Геометричні параметри: $d=8$ мм; $D=18$ мм; $L=32$ мм.

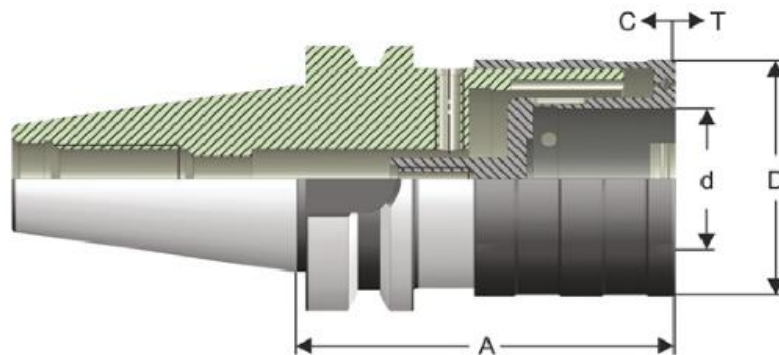


Рисунок 3.15 – Різьбонарізний патрон JIS B 6339 (MAS 403 BT) [8, C-24]
Геометричні параметри: $d=38$ мм; $A=92$ мм; $D=58$ мм; $C=12,5$ мм; $T=12,5$ мм;
Діпазон M6-M24; Конус – BT50



Рисунок 3.16 – Цанга для нарізання різьби M8 [8, G-25]
Геометричні параметри: $d=8$; $D=52$; $d=38$; $L=23$

Операція фрезкування зубців:
Позиції: 14

					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.17 – Оправка ISO50A-32-315 [9, с.14]
Геометричні параметри: d=32; D=56; L1=315

Таблиця 3.4 – Структура інструментального комплексу чи системи

№ з/п	Найменування операції	Металорізальний верстат	Ріжучий інструмент (шифр)	Допоміжний інструмент
1	2	3	4	5
1,4,5,7,8,11.	Токарна	1П420Ф40	MWLNЛ3232P08	Тримач 10889-4
2,3,9,10.	Токарна	1П420Ф40	MSBNЛ3232P19	Тримач 10889-4
12,15.	Розточувальна	1П420Ф40	PSDNN4040S25	Тримач 10889-4
13	Свердлильна	Precision Drill Pro 5000	SD1103A-0675-024-08R1	Цанга презиційна DIN 6388 тип 467
13	Різьбонарізна	Precision Drill Pro 5000	МТП-М8Х1.25ІSO6Н-ТВ-М003	Цанга для нарізання різьби М8
14	Зубофрезерна	Liebherr LC 280	М6Р6М5	Оправка ISO50А-32-315

					КНУ.КБР.131.25.1-24.03.ВРДІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту

Виконаємо конструювання черв'ячної фрези (рис. 4.1)

Передній та задній кути зубів визначаємо по таблиці 48 [1, ст.131]

Матеріал деталі – Ст3сп ДСТУ 2651:2005, $\sigma_B=372$ (кгс/мм²), HB=131.

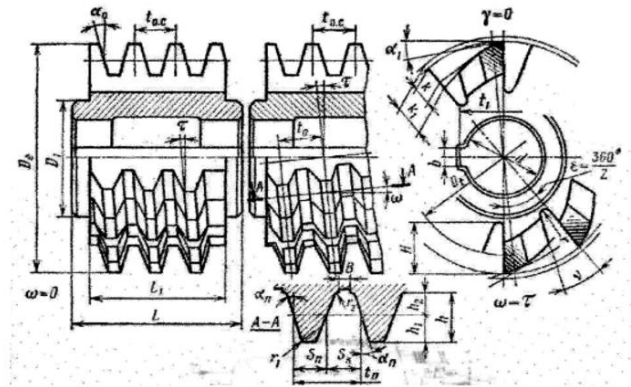


Рисунок 4.1 – Графічне визначення профілю черв'ячної фрези

1. Обираємо с таблиці 48 $\gamma=10^\circ$, $\lambda=12^\circ$.
2. Будуємо профіль заготовки, проводячи вісь 00, від якої відкладаємо відповідні розміри профілю заготовки, побудувавши повний профіль заготовки.
3. Проектуємо точки профілю заготовки (1,2,3,4,5,6) на горизонтальну вісь, що проходить через центр заготовки 0. За ними проводимо відповідні кола, $r1=2$, $r3=4$, $r5=6$.
4. Від точки 2' проводимо лінію передньої поверхні під кутом γ і лінію задньої поверхні під кутом λ .
5. Позначаємо точки перетину відповідних кіл із лінією передньої поверхні фрези як A1-2, A3-4, A5-6.
6. Від цих точок проводимо паралельні лінії до задньої поверхні фрези.
7. Габаритні та конструктивні розміри фрези визначаємо за таблицею 45 відповідно до максиальної глибини профілю t_{max} .
8. Створюємо робоче креслення черв'ячної фрези.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.04.ПІАРІ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.	Щербаков						
Перевір.	Нечаєв						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ		
					Літ.	Арк.	Акрцшів
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Скористаємося програмою Solid Works (Simulation) для автоматичного розрахунку черв'ячної фрези.

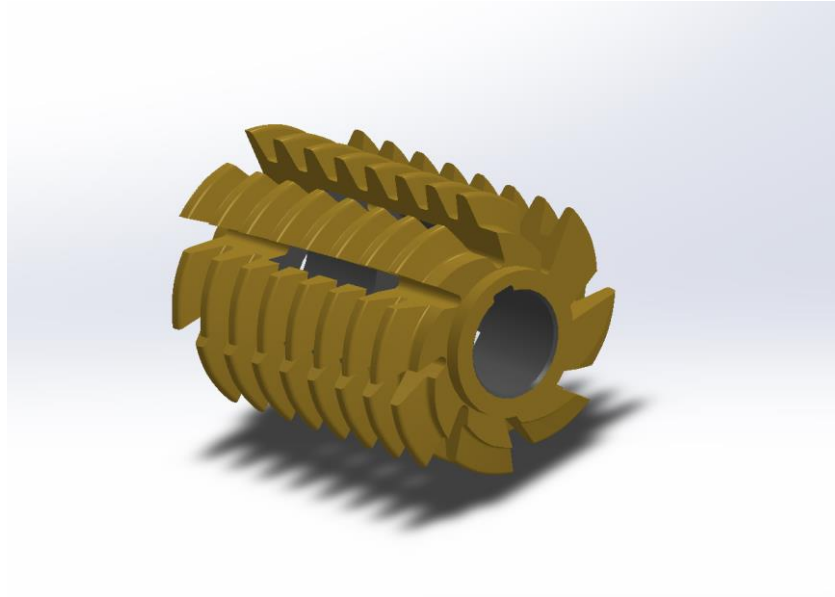


Рисунок 4.2 – Імпортована модель черв'ячної фрези

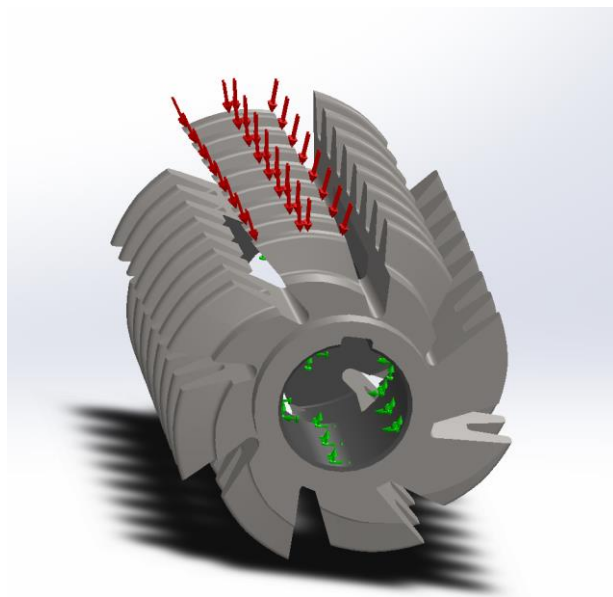


Рисунок 4.3 – Схема прикладання сил

					КНУ.КБР.131.25.1-24.04.ПІАРІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.1 – Властивості моделі

Матеріал:	P6M5
Тип моделі:	Лінійний Пружний Ізотропний
Критерій міцності за замовчуванням:	Максимальне напруження von Mises
Межа текучості:	351571000 Н/м ²
Межа міцності при розтягуванні:	420507000 Н/м ²
Модуль пружності:	2e+011 Н/м ²
Коефіцієнт Пуассона	0.29
Вагова щільність:	7900 kg/м ³
Модуль здвигу:	7.7e+010 Н/м ²
Коефіцієнт теплового розширення:	1.5e-005 /K

Результати дослідження:

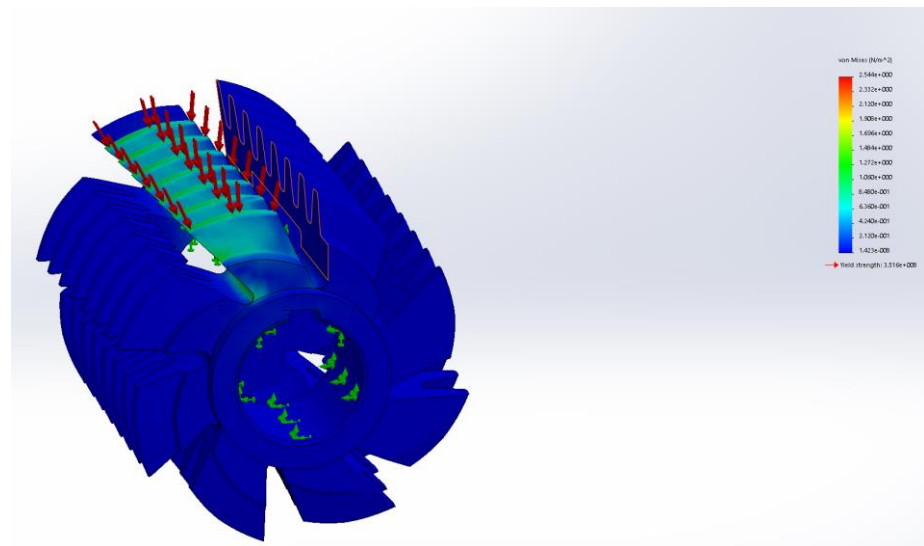


Рисунок 4.4 – дослідження напруг

Мінімальні: $1,443 \cdot 10^{-8}$ Н/м²

Максимальні: 2,451 Н/м²

Висновок: максимальні значення напруги знаходяться в межах 2,451 Н/м², що є надзвичайно малим показником у порівнянні з границею текучості матеріалу Р6М5. Це свідчить про незначне навантаження на деталь та про великий запас міцності, тобто конструкція значно перевищує вимоги міцності при заданому навантаженні.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-24.04.ПІА/І

Арк.

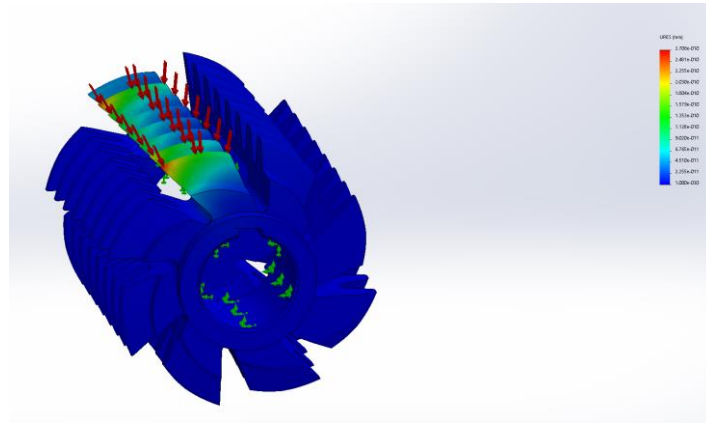


Рисунок 4.5 – дослідження переміщення

Мінімальні: 0 mm

Максимальні: $2,712 \cdot 10^{-10}$ mm

Висновок: Максимальне переміщення дорівнює 0,27 нанометра, що є практично нульовим в контексті механічної інженерії. Такий результат свідчить про надвичайно високу жорсткість системи і відсутність ризику небажаних прогинів або зміщень.

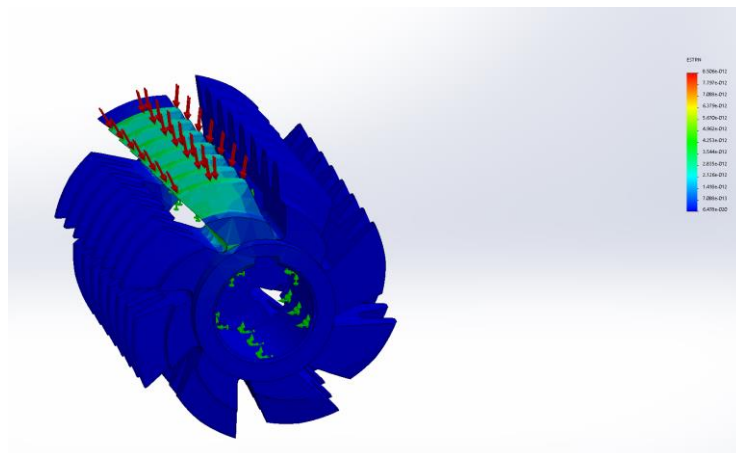


Рисунок 4.6 – дослідження деформації

Мінімальні: $8,489 \cdot 10^{-20}$

Максимальні: $6,796 \cdot 10^{-12}$

Тип: Еквівалентна деформація (ESTRN)

Висновок: Деформації також є надзвичайно малими, що свідчить про незначну зміну форми або розмірів моделі під навантаженням. Це підтверджує, що елемент це працює у граничних режимах і геометрична стабільність фрези збережена.

Отже, конструкція фрези є надзвичайно надійною та працює з величезним запасом міцності при заданих умовах. Результати можуть свідчити, що фреза має дуже жорстку геометрію для своєї задачі.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.04.ПІАПІ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК та постпроцесора

Для виконання токарної обробки створюється керуюча програма та проводиться моделювання технологічного процесу за допомогою програмного забезпечення Autodesk FeatureCAM. Обробка здійснюється на токарно-револьверному верстаті 1П420Ф40. Детальний опис технічних характеристик верстата наведено у другому розділі. Управління здійснюється за допомогою системи числового програмного керування FANUC.

Система ЧПК FANUC є однією з моделей керування, яка широко використовується на верстатах з числовим програмним керуванням, особливо у сфері обробки металів та інших матеріалів. Нижче наведено основні технічні особливості цієї системи:

1. Архітектура та обробка даних – система працює на основі продуктивного мікропроцесора, що забезпечує швидку обробку даних.
2. Можливості програмування – підтримуються різні методи створення програм, включаючи G-коди, M-коди, а також інтеграцію з САМ-системами, що дозволяє операторам обирати зручні способи програмування та редагування.
3. Інтерфейс користувача – зазвичай оснащується LCD-екраном або сенсорним дисплеєм з сучасним інтерфейсом. Крім того, система має зручні засоби введення – клавіатуру чи панель керування.
4. Безпека та діагностика – передбачено інструменти для моніторингу, виявлення та усунення несправностей у режимі реального часу, що підвищує рівень безпеки під час експлуатації.
5. Розширені функції – система підтримує підключення до зовнішніх пристроїв, таких як USB-накопичувачі, та мережеву інтеграцію для обміну програми та даними.
6. Точність і продуктивність – FANUC відома високою точністю та ефективністю, що дозволяє виконувати складні технологічні операції з високою швидкістю.

Завдяки цим характеристикам FANUC є популярним рішенням для керування промисловими верстатами та оброблювальними центрами.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-24.05.МПОМО</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Щербаков</i>			МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ		
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Акрцвів</i>
							1
						Каф. ТМ гр. ПМ-21	

5.2 Моделювання процесу обробки та перевірка керуючих програм

Використовуючи інформацію про обраний верстат та інструмент, зазначені в попередньому розділі, виконується створення керуючої програми та моделювання технологічного процесу. Послідовність виконання цих етапів ілюструється на рисунках 5.1-5.8

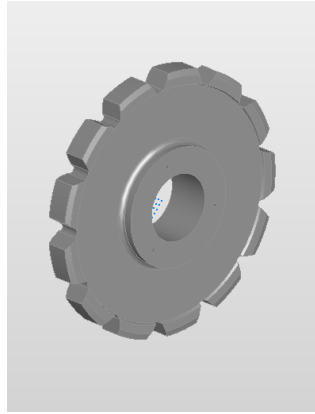


Рисунок 5.1 – Модель делаті «Зірочка»

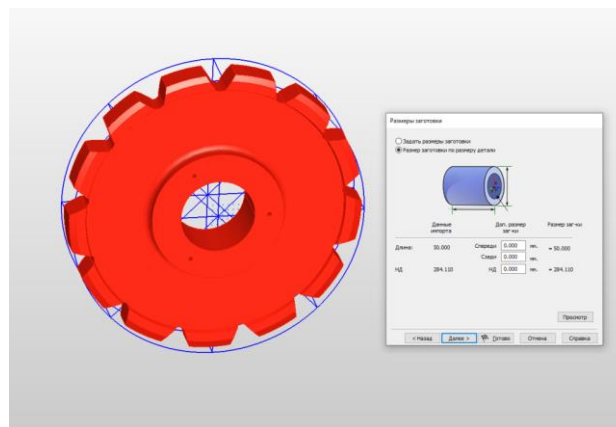


Рисунок 5.2 – Введення даних заготовки деталі

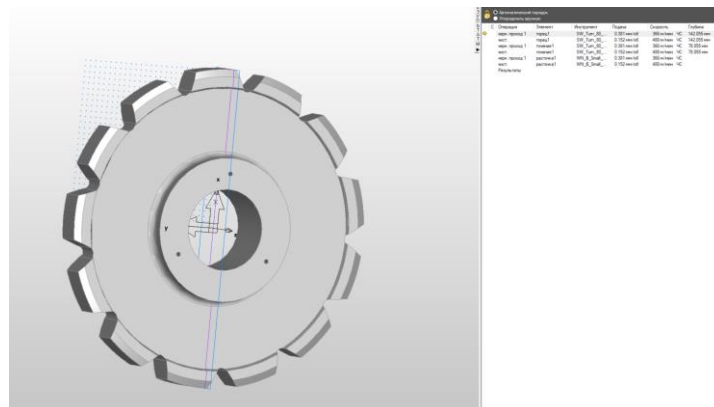


Рисунок 5.3 – Список операцій обробки деталі «Зірочка»

					КНУ.КБР.131.25.1-24.05.МПОМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

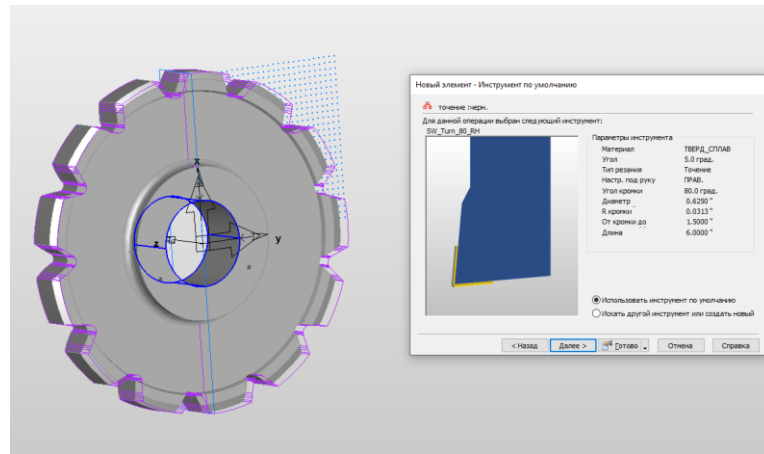


Рисунок 5.4 – Підбір інструменту в середовищі FeatureCAM

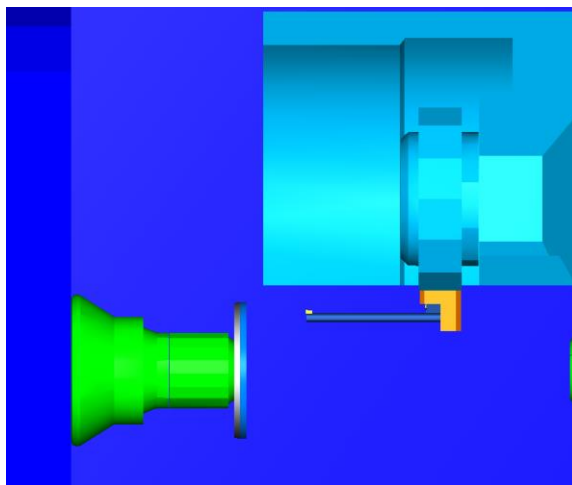


Рисунок 5.5 – 3D-симуляція обробки деталі на верстаті

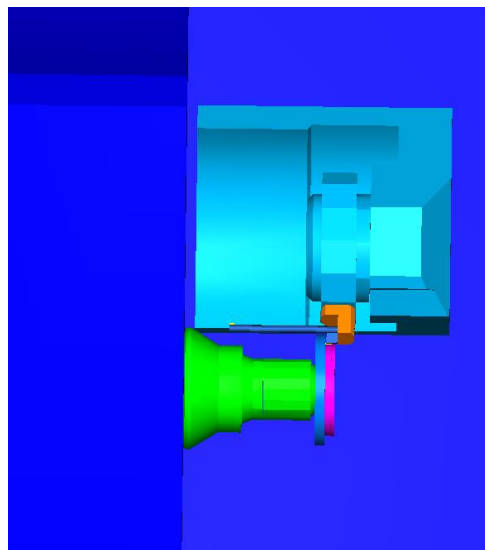


Рисунок 5.6 – Процес обробки деталі «Зірочка»

Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-24.05.МПОМО

Арк.

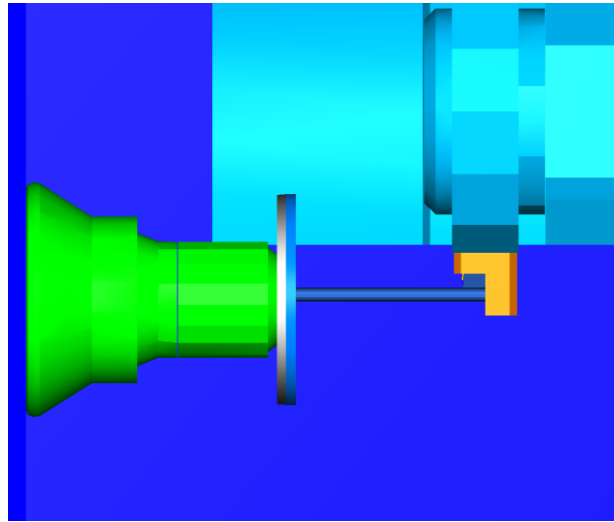


Рисунок 5.7 – Процес обробки деталі «Зірочка»

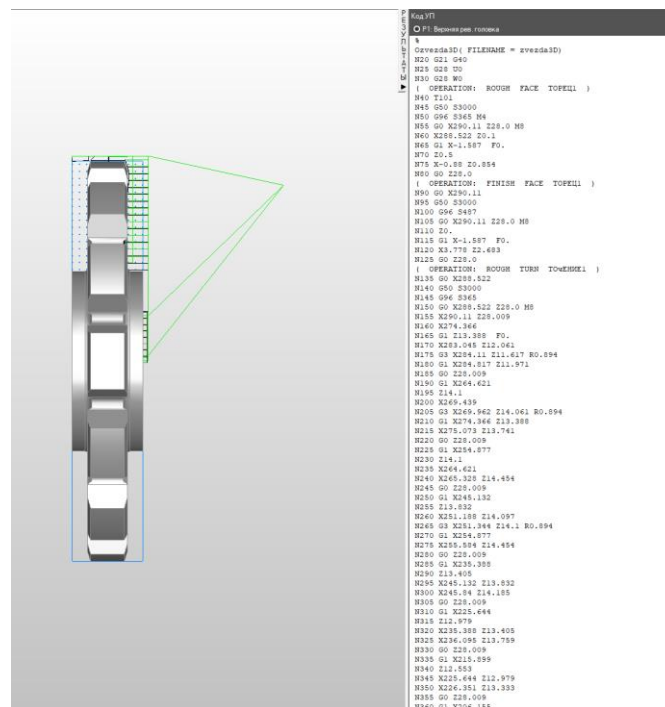


Рисунок 5.8 – Траєкторія обробки деталі «Зірочка» та фрагмент керуючої програми

					КНУ.КБР.131.25.1-24.05.МПМО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо порівняльний аналіз собівартості для двох методів обробки деталі. Досліджується ефективність застосування токарного верстата з ЧПК. Замість звичайних верстатів без числового програмного керування використано верстат моделі 1П420Ф40 з ЧПК. Отримані результати та розрахунок терміну окупності нового обладнання наведено в таблицях 6.1

Таблиця 6.1 – Вихідні дані

Вихідні дані						
Дані	Базовий варіант				Новий варіант	
	2622	1A64	6P13П	2M55	1П420Ф40	
Деталь						
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1500				1500	
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	18				18	
Тривалість випуску деталей Z, рік	3				3	
Штучний час обробки деталі tшт , хв.	2	20	4	2	14	
Час наладки верстата, хв.	16	16	4	8	24	
Розряд:						
	контролера	5			5	
	верстатника	4	3	4	3	2
	наладчика	3	3	3	3	5
	наладчика інструменту		4			4
Кількість кадрів програми, шт.					300	
Вартість заготовки Sзаг, грн.	486				486	
Вартість комплекту спец. пристосувань Кпр, грн	42500	50000	33000	31000	67600	
Оптова ціна на прокат одного УСП Цусп, грн						
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0,5	1,5	0,5	1	1	
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	45	45	110	
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1	1	3	
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному Kт	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	
Вартість одного кадру ПК, грн.					8,9	
Вартість розробки ПК Кпр. грн.					2000	

					КНУ.КБР.131.25.1-24.06.0ЕПВ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Щербаков				ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА		
Перевір.	Нечаєв						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Акцувів
						1	
					Каф. ТМ гр. ПМ-21		

Продовження таблиці 6.1

Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цплзд, грн	460				460
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб, грн	950				950
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб, м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	160	160	160	160	180
Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	2622	1A64	6P13П	2M55	1П420Ф40
Трудомісткість обробки Тшт, год	380	380	82.66667	40,3333	1450
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	5,22	5,22	1,33	2,42	6,34
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнн, год	0	0,00	1,001632	1,001632	18,00
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	32,6	32,6	7,06	3,467	118,6
Кількість верстатників Рст, чол. (розрах.)	0,20	0,20	0,07	0,02	0,39
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків верстатів Рн, чол. (розрахункова)	0,0028	0,0028	0,0007	0,0013	0,0034
(дійсна)	1	1	1	1	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом Рнн, чол. (розрахункова)	0	0,0000	0,000539	0,000539	0,01110
(дійсна)	1	0	1	1	1
Кількість контролерів Рк, чол. (розрах.)	0,02	0,02	0,004	0,00	0,06
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК Рдод, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,22
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	12				5
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,13	0,18	0,0272	0,014	0,39

Використання спеціальної програми, завдяки якій проводяться розрахунки.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 6.1

1. Зарплатня верстатника (основна та додаткова) I_z

$$I_z = N_{ст.зат} \cdot T_{шт} / d$$

де $N_{ст.зат}$ – середньочасова заробітна платня верстатників зі усіма нарахуваннями, грн.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску, год;

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$N_{ст.зат} = N_{ст} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

де $N_{ст}$ – тарифна ставка верстатника, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

2. Зарплатня за наладку верстата I_n

$$I_n = N_{нал.зат} \cdot T_n$$

де $N_{нал.зат}$ – середньочасова зарплатня наладчиків з усіма нарахуваннями, грн;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$N_{нал.зат} = N_{нал} + Z_d + C_{відр} + C_{прем}$$

де $N_{нал}$ – тарифна ставка наладчика, грн;

Z_d – додаткова заробітна платня, 8%

$C_{відр}$ – відрахування на соціальне страхування, 12%

$C_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

$$T_n = t_n \cdot j_p / 60$$

де t_n – час наладки верстата для обробки партії деталей, хв;

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

3. Зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{ин}$

$$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин.к}$$

де $N_{ин}$ – середньочасова зарплатня наладжувальника, грн;

$T_{ин.к}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв

$$T_{ин.к} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot k_t / (T \cdot n_{г})$$

де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вивід з ладу;

$t_{ин}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;

$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;

k_t – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;

T – середній період стійкості інструменту, хв.;

$n_{г}$ – кількість граней пластинки, що не переточується

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми $I_{пк}$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

$$I_{пк} = K_{пк} / Z$$

Продовження таблиці 6.1

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$

$$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$$

де $Ц_{усп}$ – оптова ціна за прокат одного пристосування, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
2622	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$		1П420Ф40	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$	
	0	0		0	18
1А64	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$		Всього $I_{усп2}$	0	
	0	0			
6Р13П	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$				
	0	0			
2М55	$I_{усп} = Ц_{усп} \cdot j_p$				
	0	0			
Всього $I_{усп1}$	0				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання I_A

$$I_A = K_6 \cdot A$$

де A – норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення верстата, що приймається:

- для верстатів масою до 10 т, які оброблюють деталі металевими та абразивними інструментами, відповідно – 0,053 та 0,056;
- для верстатів масою вище 10 т – 0,04 та 0,042 відповідно

Базовий варіант			Новий варіант		
2622	$I_A = K_6 \cdot A$		1П420Ф40	$I_A = K_6 \cdot A$	
	2046,75	51169		12941,28	323532
1А64	$I_A = K_6 \cdot A$		Всього I_{A2}	12941,28	
	2059,20	51480			
6Р13П	$I_A = K_6 \cdot A$				
	0,00	4787			
2М55	$I_A = K_6 \cdot A$				
	121,23	2287			
Всього I_{A1}	4227,18				

8. Витрати на утримання приміщення, яке займає верстат $I_{пл}$

$$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $I_{пл}$ – вартість амортизації та утримання 1 м. кв. площі механічного цеху

- для верстатів класів точності Н та П – 180 грн
- для верстатів класів точності В та ОВ – 200 грн

Базовий варіант			Новий варіант		
2622	$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$		1П420Ф40	$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	
	1091,60	160		2457	180
1А64	$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$		Всього $I_{пл2}$	2457,00	
	838,80	160			
6Р13П	$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$				
	63,10	160			
2М55	$I_{пл} = I_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$				
	9,17	160			
Всього $I_{пл1}$	2002,68				

9. Витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень $I_{сл}$

$$I_{сл} = I_{пл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$$

Базовий варіант		
$K_{сл} = I_{пл.6} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$		
79800	950	7
Всього $K_{сл1}$	79800	

Новий варіант		
$K_{сл} = I_{пл.6} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_n + P_{под} + P_k)$		
33250	950	7
Всього $K_{сл2}$	33250	

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання I_p

$$I_p = (H_p \cdot R_n + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$$

де H_p, H_e – витрати на одиницю ремонтної складності відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
 R_n, R_e – ремонтна складність відповідно механічної та електротехнічної частин, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
 μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1, 1,2, 1,5, 1,8, 2,2

Базовий варіант			Новий варіант		
2622	$I_p = (H_p \cdot R_n + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$		1П420Ф40	$I_p = (H_p \cdot R_n + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$	
	1112,7	401		5550,0	302
1А64	$I_p = (H_p \cdot R_n + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$		Всього I_{p2}	5550,0	
	2216,1	401			
6Р13П	$I_p = (H_p \cdot R_n + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$				
	186,8	401			
2М55	$I_p = (H_p \cdot R_n + H_e \cdot R_e) \cdot \mu \cdot \beta$				
	101,1	401			
Всього I_{p1}	3616,4				

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК I_y

$$I_y = Q \cdot \beta$$

де Q – річні витрати при експлуатації у дві зміни і повній загрузці верста з ЧПК, грн

Базовий варіант			Новий варіант		
2622	$I_y = Q \cdot \beta$		1П420Ф40	$I_y = Q \cdot \beta$	
	0	0		834,6	2140
1А64	$I_y = Q \cdot \beta$		Всього I_{y2}	834,6	
	0	0			
6Р13П	$I_y = Q \cdot \beta$				
	0	0			
2М55	$I_y = Q \cdot \beta$				
	0	0			
Всього I_{y1}	0,0				

Арк.

КНУ.КБР.131.25.1-24.06.0ЕПВ

Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата

12. Зарплатня контролера П_к

$$П_k = Н_k \cdot Т_k$$

де $Н_k$ – середньочасова заробітна платня контролера 5-го розряду, грн.;

$Т_k$ – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$Т_{k1} = 0,083 \cdot T_{\text{шт}}$$

де 0,083 – середньостатистична частка трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$Т_{k1} = 0,2 \cdot T_{\text{шт}}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$И_k = Н_k \cdot Т_k$	3627,10	115	31,54	1П420Ф40	$И_k = Н_k \cdot Т_k$	16247,25
1А64	$И_k = Н_k \cdot Т_k$	3627,10	115	31,54	Всього П _{к1}		16247,25
6Р13П	$И_k = Н_k \cdot Т_k$	790,10	115	3,35			
2М55	$И_k = Н_k \cdot Т_k$	384,98	115	3,35			
Всього П _{к1}		8429,28					

1. Балансова вартість верстата К_в

$$К_v = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$$

де $Ц$ – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка завантаження верстата

$$\beta = T_{\text{шт}} + T_k / (\Phi_{\text{об}} \cdot \eta)$$

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$К_v = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	51169	360000,00	1,1	0,13	1П420Ф40	$К_v = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$
1А64	$К_v = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	51480	260000,00	1,1	0,18	Всього К _{в1}	323532
6Р13П	$К_v = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	4787	160000	1,1	0,03		
2М55	$К_v = Ц \cdot \alpha \cdot \beta$	2287	145000	1,1	0,01		
Всього К _{в1}		109723					

2. Вартість приміщень, які займає верстат К_п

$$К_{\text{п1}} = Ц_{\text{пл.м}} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$$

де $Ц_{\text{пл.м}}$ – вартість 1 м. кв. площі механічного цеху;

A – площа, яку займає верстат по габаритах, м. кв.;

A_0 – площа, яку займають вимісні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант				Новий варіант			
2622	$К_{\text{п}} = Ц_{\text{пл.м}} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	3138	460	17,6	0	3	0,13
1А64	$К_{\text{п}} = Ц_{\text{пл.м}} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	2412	460	11,65	0	2,5	0,18
6Р13П	$К_{\text{п}} = Ц_{\text{пл.м}} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	181	460	5,8	0	2,5	0,03
2М55	$К_{\text{п}} = Ц_{\text{пл.м}} (A + A_0) \cdot \gamma \cdot \beta$	26	460	2,665	0	1,5	0,01
Всього К _{п1}		5758					

3. Вартість службово-побутових приміщень К_{сп}

$$К_{\text{сп}} = Ц_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{доп}} + P_0)$$

де $Ц_{\text{пл.б}}$ – вартість 1 м. кв. службово-побутових приміщень, грн;

$A_{\text{б}}$ – площа службово-побутових приміщень, яка приходить на одного робочого;

$P_{\text{ст}}$, $P_{\text{н}}$, $P_{\text{доп}}$ – кількість відповідно верстатників, наладчиків та додаткових робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК;

P_0 – кількість контролерів

Базовий варіант				Новий варіант			
$К_{\text{сп}} = Ц_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{доп}} + P_0)$				$К_{\text{сп}} = Ц_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{доп}} + P_0)$			
79800	950	7	4	7	0	1	
Всього К _{сп1}				79800			
$К_{\text{сп}} = Ц_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{доп}} + P_0)$				$К_{\text{сп}} = Ц_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{доп}} + P_0)$			
26600	950	7	1	2	0	1	
Всього К _{сп2}				26600			

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві К_{мз}

$$К_{\text{мз}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{шт}} + C / N_{\text{пр}} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

де 3 – число партій деталей, які приходяться всередньому на одне робоче місце;

n'' – розмір налагодочної партії деталей (партії запуску), шт.

$$n'' = N_{\text{пр}} / j_p$$

$S_{\text{шт}}$ – вартість заготовки, грн;

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант				Новий варіант			
$К_{\text{мз}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{шт}} + C / N_{\text{пр}} \cdot 0,5) \cdot \beta$				$К_{\text{мз}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{шт}} + C / N_{\text{пр}} \cdot 0,5) \cdot \beta$			
52616,78	83,33	486	342120,87	1500	0,35		
Всього К _{мз1}				52617			
$К_{\text{мз}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{шт}} + C / N_{\text{пр}} \cdot 0,5) \cdot \beta$				$К_{\text{мз}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{шт}} + C / N_{\text{пр}} \cdot 0,5) \cdot \beta$			
52144,09	83,33	486	280136,45	1500	0,36		
Всього К _{мз2}				52144			

Приведені витрати					Строк окупності				
Z_1	=	C_1	+	E_n	-	K_1	$T_{ок} =$	$(K_2 - K_1) / (C_1 - C_2)$	
402781		342121		0,15		404398	1,1354	474774,09	404398 342120,87 280136,45
Z_2	=	C_2	+	E_n	-	K_2			
351353		280136		0,15		474774			
Річний економічний ефект									
E	=	Z_1	-	Z_2					
51427,9837		402780,6		351353					

6.2 Охорона праці та екологія виробництва

Зі стрімким розвитком прогресу машинобудівний комплекс України оснащується сучасним обладнанням, впроваджуються високотехнологічні виробництва та спроваджуються нові об'єкти. Ці зміни позитивно впливають на економічну ситуацію в країні. Водночас слід враховувати, що підприємства машинобудування можуть бути джерелом різноманітних видів забруднення навколишнього середовища.

Машинобудування поділяється на кілька основних напрямів:

- Середнє – охоплює автомобілебудування, верстатобудування, тракторобудування а також виробництво обладнання для харчової та легкої промисловості.
- Загальне – включає транспортне машинобудування, ракетно-космічну галузь і виробництво технологічного обладнання.
- Важке – передбачає випуск випуск гірничо-шахматного, металургійного, підйомно-транспортного, ковальсько-пресового та іншого складного устаткування.
- Наукомістке – охоплює електротехнічну, радіотехнічну, електронну промисловість і приладобудування.

Для ефективної роботи машинобудівним підприємствам необхідно мати доступ до паливно-енергетичних ресурсів, металів, води, кваліфікованої робочої сили та розвиненої інфраструктури. Наявність цих ресурсів у великих містах та супутніх галузей сприяє стабільному розвитку машинобудування.

6.2.1 Вплив машинобудування на екологію

Сучасне машинобудування є одним з найбільш значущий факторів негативного впливу на довкілля. Ця галузь промисловості спричиняє комплекс екологічних проблем, серед яких особливо гостро стоїть питання забруднення водних ресурсів, атмосфери та ґрунтів промисловими відходами. В Україні підприємства машинобудівного комплексу, незважаючи на розвиненні технології, залишаються значними забруднювачами навколишнього середовища.

Машинобудівна галузь щорічно викидає в атмосферу 32% від загального обсягу промислових забруднень від стаціонарних джерел, при цьому рівень

					КНУ.КБР.131.25.1-24.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

оснащеності очисним обладнанням не перевищує 30-50%. У повітряний басейн надходять такі небезпечні речовини, як діоксид сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, фенол, сірчистий ангідрид, свинець, а також особливо токсичний шестивалентний хром, який є характерним для викидів машинобудівних підприємств.

Значний екологічний збиток завдається водним екосистемам. Зі стічними водами у воюмища потрапляють сульфати, хлориди, нафтопродукти, ціаніди, солі важких металів. У районах розташування великих машинобудівних підприємств спостерігається підвищена концентрація іонів важких металів у водних об'єктах.

Забруднення ґрунтів відбувається переважно через тверді відходи виробництва – металеву стружку, тирсу, золу, шлаки, пил. Особливо гострою є проблема утилізації металевого брухту, який накопичується після модернізації виробничого обладнання.

Найбільш небезпечними з екологічної точки зору є такі технологічні процеси машинобудування: ливарне виробництво, при якому на 1 тонну виробленої продукції утворюється 250 кг оксиду вуглецю, 50 кг пилу, 2 кг оксидів азоту та сірки; зварювальні процеси що супроводжуються викидами аерозолів, марганцю, міді, шестивалентного хрому; гальванічні виробництва з їх характерними скидами ртуті, свинцю, кадмію у водоймища; лакофарбове виробництво з використанням понад 40 видів шкідливих речовин.

Всі ці забруднюючі речовини мають вкрай негативний вплив як на екосистемами, так і на здоров'я людини. Вони володіють канцерогенними, мутагенними, токсичними та алергенними властивостями, можуть спричиняти онкологічні захворювання, вроджені паталогії, алергічні реакції. Забруднення водойм призводить до масової загибелі риби та порушення водних екосистем.

6.2.2 Заходи для покращення екології

На державному рівні вживаються заходи для покращення екологічного стану в зонах промислового виробництва. Ці процеси відбуваються у таких основних напрямках:

- модернізація очисних споруд для промислових викидів і стічних вод;
- утилізація або знешкодження твердих відходів;
- впровадження екологічно безпечних та маловідходних технологій;
- посилення екологічного контролю та моніторингу.

Сучасна промисловість забезпечує людство всім, що йому потрібно. Постійно розробляються нові технології та вдосконалюються виробничі процеси. Однак усі досягнення прогресу втрачають сенс, якщо вони становлять загрозу для життя та здоров'я людини та навколишнього середовища.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.06.0ЕПВ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У межах кваліфікаційної роботи було досліджено процес виготовлення деталі «Зірочка», яка є критичним елементом конвеєрного ланцюга та виконує функцію передавання обертального руху в системах транспортування.

Проведено геометричний аналіз конструкції деталі, розраховано параметри зубців та отворів відповідно до вимог точності, з урахуванням умов експлуатації. Обрано конструкційний матеріал, що забезпечує необхідний ресурс роботи зірочки в умовах зношування.

На основі форми та особливостей поверхонь деталі було обґрунтовано вибір черв'ячної фрези як основного спеціального інструменту для формоутворення профілю зубців. Проведено її інженерний аналіз у середовищі SolidWorks Simulation, під час якого оцінено напруження та зони можливого перевантаження на елементах ріжучої частини.

Використовуючи програмне забезпечення FeatureCAM, було розроблено повний маршрут механічної обробки деталі, а також створено керуючу програму для ЧПУ-верстата, що забезпечує автоматизацію та повторюваність процесу. Здійснено підбір верстатно-інструментального оснащення для ефективного закріплення як заготовки, так і ріжучого інструменту.

Результати техніко-економічного аналізу показали доцільність використання спеціального інструменту та автоматизованого підходу до обробки — зменшено витрати на інструмент, скорочено тривалість обробки, знижено собівартість виготовлення одиниці продукції.

Крім того, було розроблено повний комплект технічної документації: креслення деталі «Зірочка», зборочного вузла, спеціального інструменту, а також побудовано 3D-моделі у середовищі CAD-системи SolidWorks.

Результати дослідження підтверджують ефективність застосування CAD/CAM/CAE-систем у сучасному машинобудуванні та їх важливість для підвищення точності, продуктивності й економічності виробництва.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-24.В</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Щербаков</i>			<i>ВИСНОВКИ</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>					
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>
							<i>Акрцшив</i>
							1
						<i>Каф. ТМ</i>	
						<i>гр. ПМ-21</i>	

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учебное пособие - М.: Машиностроение, 1990. -448с.
2. 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.
3. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зєнкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,-360 с.
4. Каталог SECO «Turning». 2021
5. Каталог SECO «Holemaking». 2020
6. Черв'ячна фреза. URL джерело:
https://metalorez.com.ua/p737498744freza-chervyachnayaklta.htmlgad_source=1&gad_campaignid=20254148309&gbraid=0AAAAACyODATcxziHuKcp7wNjOTc5rEyM6&gclid=Cj0KCQjwuvrBBhDcARIsAKRrkjemwR9WqxwtU2RfCkzpJDgAIv7m48foCGscnaaZ96It7tZZkZ81AMaAqCQEALw_wcB
7. Каталог «EROGLU», 2020
8. Каталог «DEGERLI MAKINA», 2023
9. Оправка. URL джерело: <https://aspectmash.com/ua/p2119121611-opravka-gorizontalnayaiso50a.html?srsId=AfmBOoqLg8xoFGTldIWIYbBT00Fbpswmlv46gee6ntCIp0bDVg5Vxjo3>
10. ДСТУ 3.1001:2015. Єдина система технологічної документації. Загальні положення.
11. ДСТУ 3.1127:2015. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів.
12. ДСТУ 3321-96. Система конструкторської документації. Терміни визначення основних понять.

					КНУ.КБР.131.25.1-24.СВД				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Щербаков			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ				
Перевір.		Нечаєв							
Н. Контр.		Нечаєв							
Затверд.		Рязанцев							
					Літ.	Арк.	Акцшів		
						1			
					Каф. ТМ гр. ПМ-21				

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Зірочка» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Щербаков В.Д.

Керівник КБР

(підпис)

Нечаєв В.П.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

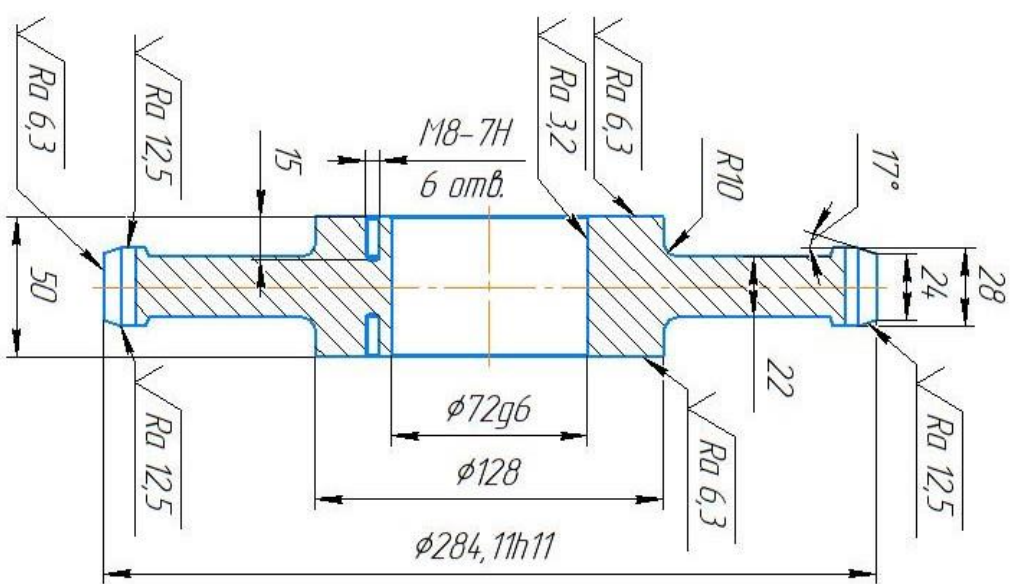
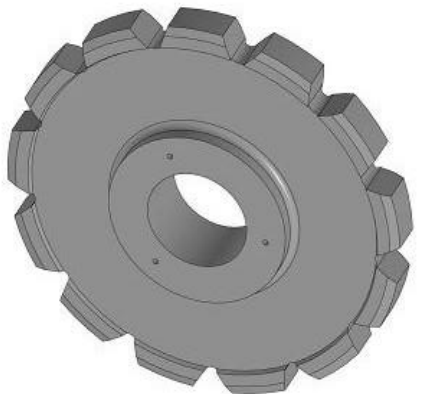
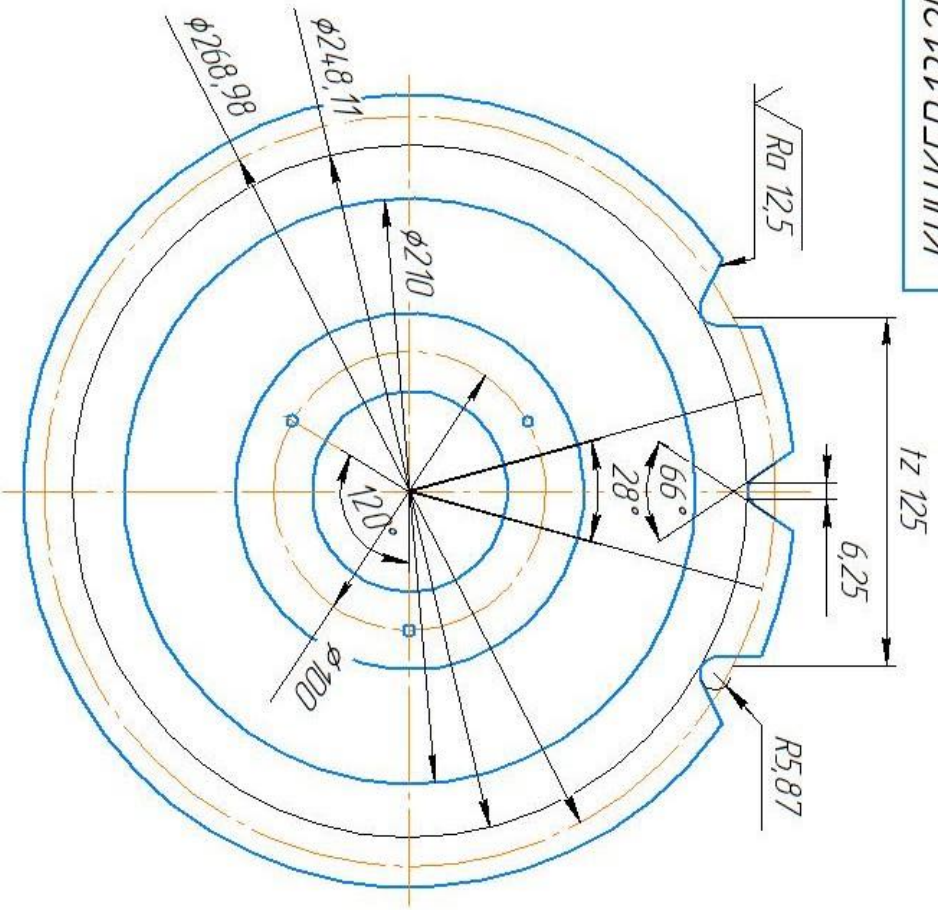
Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						Документация			
						Кресления			
		A3	1	КНУ.КБР.131.25.1-24.3	Зірочка	1			
		A3	2	КНУ.КБР.131.25.1-24.4Ф	Черв'ячна фреза	1			
		A3	3	КНУ.КБР.131.25.1-24.МПМО	Моделювання процесу	1			
					механічної обробки				
		A3	4	КНУ.КБР.131.25.1-24.ІАСРІ	Інженерний аналіз	1			
					спеціального різального інструменту				
		A1	5	КНУ.КБР.131.25.1-24.ВІН	Верстатньо-інструментальне налагодження	1			
Подп. и дата									
Подп. и дата									
Инд. № подл.						КНУ.КБР.131.25.1-24.ВЕД			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разраб.	Щербаков						
		Проб.	Нечаев						
		Н.контр.	Нечаев						
		Утв.	Рязанцев						
		Відомість електроних документів КБР					Лит.	Лист	Листов
									1
							Кафедра ТМ гр. ПМ-21		

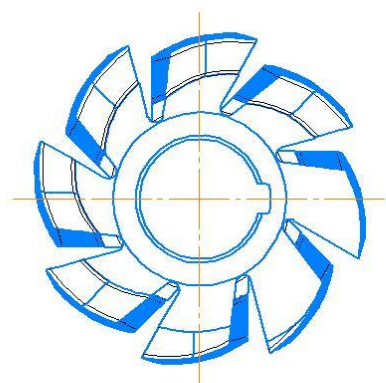
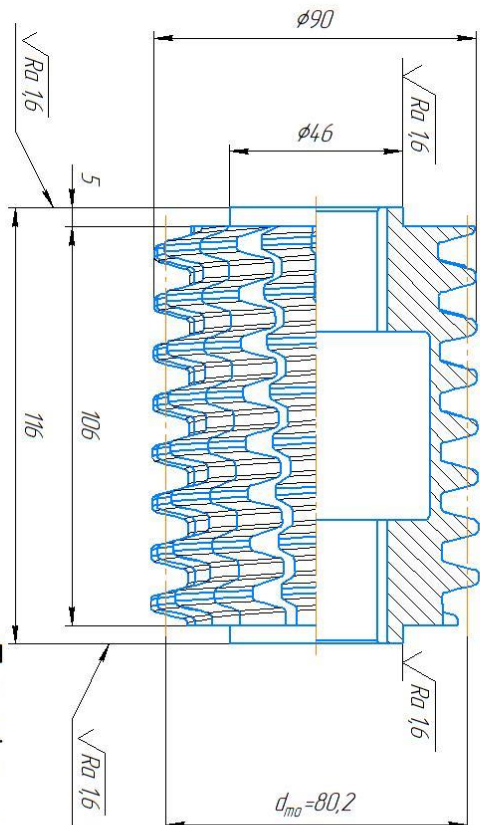
5252131:29K5H1K



Кількість зубів	13
Глибина паза	12.5
Діаметр паза	18
Діаметр коло зовнішн	284.11
Кількість модулів	2
Розмір діаметр коло зовнішн	0.5
Розмір діаметр зовнішнього	0.5
Діаметр діаметр коло	208.98
Глибина паза	12.5
Діаметр паза	18

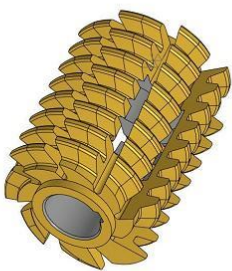
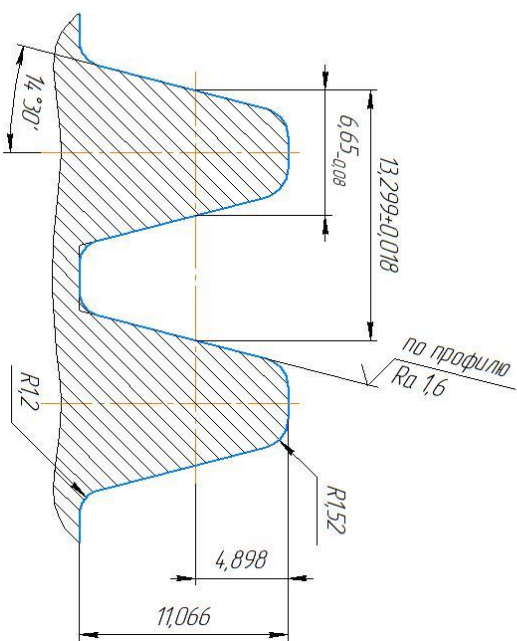
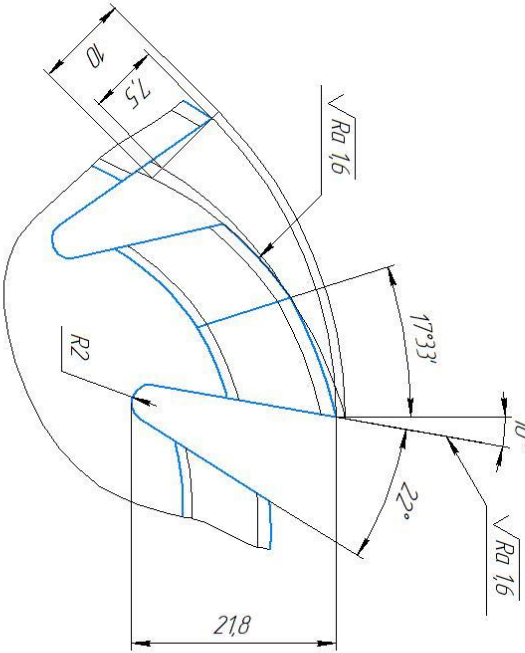
Невказані граничні відхилення Н14, h14, ± $\frac{IT14}{2}$.

КНУКБР.131.25.25			
Зірочка відомо			
ТСН-3Б			
Зм. лист	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив	Щербак		
Керівник	Нечаев		
Нормат.	Розробив		
Затв.	Нечаев		
Ст 311 ДСТУ 2651:2005		Каф. ТМ зр. ПМ-21	



Зуб фрези (2,5:1)

Профіль зуба в нормальному розрізі (5:1)

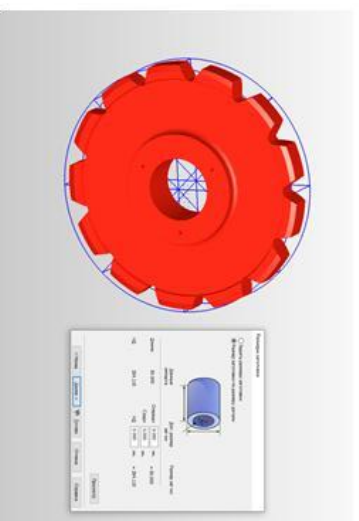


1 Небезпечні технічні відхилення Н14, Н14, ± $\frac{1}{2}$.

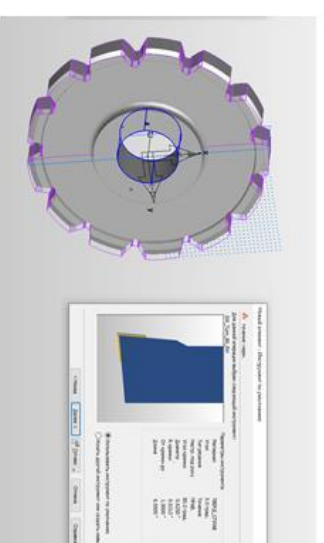
Фреза 61709-0214.		р	6
Модуль		т	4,2333
Число співзв'язаних кондукторів		z ₂	8
Число заходів		п	1
Нахилених вилкових фрез		-	пробое
Угол підв'язки вилки фрези на середній діаметрі		α _{mo}	3°02'
Нахилених спіральних кондукторів		-	ладве
Угол нахилу ланки кондуктору на середній діаметрі		α _{mo}	3°02'
Угол вилкових спіральних кондукторів		ρ ₂	4,6°7
Листовий кондуктор зубчатих колес		-	АВМ 20102 (4,301
Існуючий кондуктор зубчатих колес	Угол профілю	?	14-30°
	Коефіцієнт висоти заходів	h ₂ [*]	1
	Коефіцієнт зони висоти	h ₁ [*]	2
	Коефіцієнт радіуса кривизни перехідної кривої	ρ ₁ [*]	0,47
Коефіцієнт радіального зазора	с [*]	0,157	
	Коефіцієнт толщини зуба по діаметрі дріп	s [*]	1
Клас точності по ГОСТ 9324-80		-	С
Нахилена позначка округлого шага спіральних кондукторів		F _{α0}	0,2
Нахилена позначка відхилення кондукторів		f ₁	±0,125
Округлення толщини зуба зачищення на висоті заходів		T _{α0}	-0,08
Позначка зачищення от		F _{α0}	0,012
Зуб к зубу		F _{α0}	0,05

КНУКБР.131.251-24.ЧФ			
Зм	Лист	№ докум.	Лист
Фрезерувальний	Шершн	Чесн	Чесн
Корпус	Чесн	Чесн	Чесн
Начина	Чесн	Чесн	Чесн
Зм	Чесн	Чесн	Чесн
Черв'ячна фреза			
Сталь Р6М5 ДСТУ 7304-2015			
Каф. ТМ			
ЗД. ПП-21			

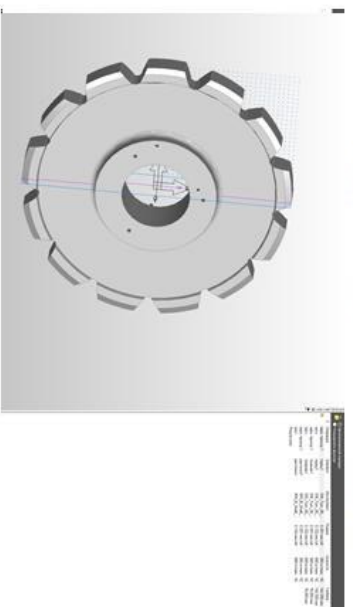
Введення даних заготовки деталі



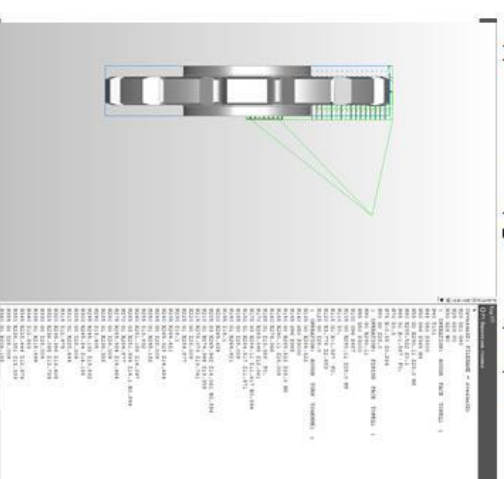
Підбір інструменту в середовищі FeatureCAM

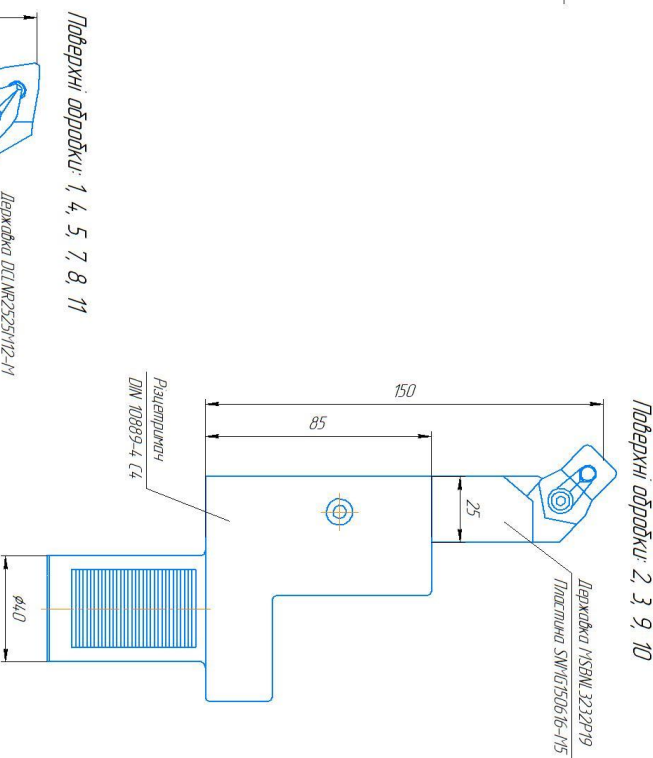
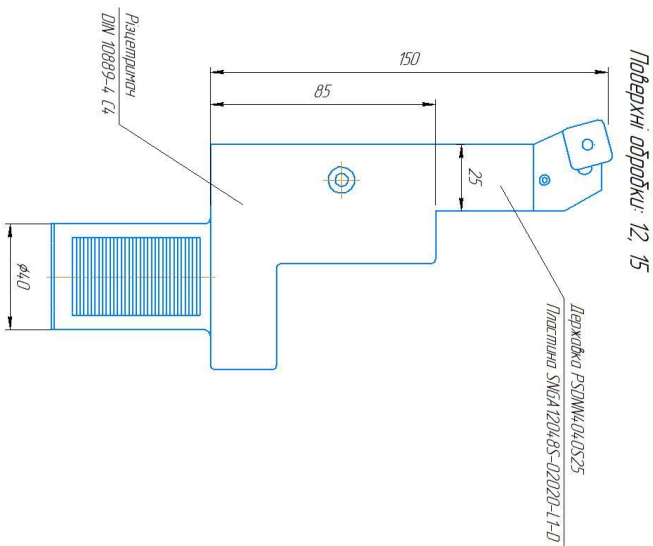


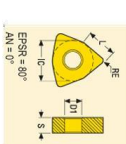
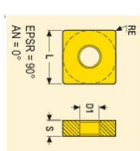
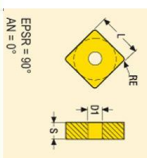
Служба операций обработки данных "Зірочка"

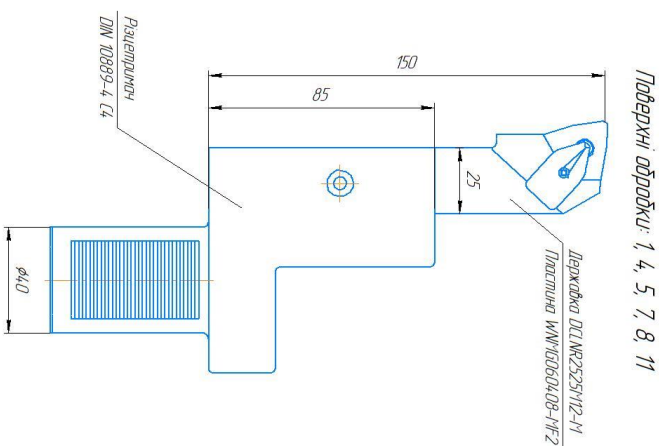


Траекторія обробки деталі та
фрагмент керуючої програми

[illegible]



Типу різців	Шифр державки	Шифр пластини	Пластина	Матеріал пластини	Геометричні параметри пластини, мм	Геометричні параметри державки, мм
Підрізний різець	DCLN.2525M12-M	WNM6060408-MF2		TP1501	RE=0,8; IC=9,53; L=6,5; H=3,2; B=3,2; Lf=17,0; Wf=4,0; S=4; 76; Df=3,81	LH=3,2; B=3,2; Lf=17,0; Wf=4,0; LH=3,1; KG=1,4
Прохідний різець	MSBNL.3232P19	SNM16150616-M5		TP25	RE=1,6; L=12,9; S=6,35 H=3,2; B=3,2; Lf=17,0; Wf=2,7; Df=6,35	LH=4,5; KG=1,4
Прохідний різець	PSDMM.040525	SNCA12U405-02020-L1-0		CBN200	RE=0,8; L=12,7; S=4; 76 H=4,0; B=4,0; Lf=28,0; Wf=20,2; Df=5,15	LH=4,8; KG=3

[illegible]