

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 «Муфта» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем

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

Кривий Ріг  
2024 р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

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

Виконав здобувач гр. ПМ-20

\_\_\_\_\_

(підпис)

Тимченко А.І.

Керівник КБР

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Нормоконтроль

\_\_\_\_\_

(підпис)

Рязанцев А.О.

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_

(підпис)

Нечаєв 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 Тимченко Артем Ігорович

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

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

Затверджена наказом по КНУ № 253с від «08» квітня 2024 р.

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

**3. Вихідні дані до роботи:** 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Муфта». 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. Муфта. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Фреза черв'ячна. 4. Моделювання процесу обробки. 5. Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.

**6. Календарний план:**

<b>№ з/п</b>	<b>Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра</b>	<b>Термін виконання</b>
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	10.04.24
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	12.04.24
3.	Призначення об'єкту виробництва	16.04.24
4.	Аналіз технологічності деталі.	20.04.24
5.	Креслення деталі (А1-А4).	24.04.24
6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	28.04.24
7.	Розробка технологічного маршруту обробки деталі.	01.05.24
8.	Вибір параметрів ріжучої частини інструментів.	02.05.24
9.	Розрахунок конструктивних параметрів ріжучої частини інструменту.	04.05.24
10.	Вибір розмірів ріжучого інструменту.	06.05.24
11.	Креслення спеціального ріжучого інструменту (А2-А4).	09.05.24
12.	Креслення з інженерним аналізом спеціального різального інструменту	14.05.24
13.	Вибір допоміжних інструментів.	16.05.24
14.	Розробка та креслення об'єднаного верстатно-інструментального (А1-А2)	18.05.24
15.	Моделювання та програмування операцій механічної обробки	20.05.24
16.	Креслення змодельованого процесу обробки (А1-А2)	21.05.24
17.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	23.05.24
18.	Висновки	25.05.24
19.	Оформлення РПЗ	29.05.24
20.	Попередній захист	10.06.24

**Дата видачі завдання:** «08» квітня 2024 р.

Завдання видав керівник КБР

\_\_\_\_\_

/Рязанцев А.О./

Завдання отримав  
здобувач освіти

\_\_\_\_\_

/Тимченко А.І./



## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КБР містить: 65 стор., 50 рисунків, 13 таблиць, 5 листи графічної частини.

Мета роботи: конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Муфта» та обґрунтування параметрів різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем.

Об'єкт дослідження – розробка технологічного і конструкторського процесу виробництва деталі «Муфта», для передачі крутного моменту при русі автотранспорту.

Предмет дослідження – використання сучасного обладнання та різального інструменту для виготовлення деталі «Муфта».

В роботі були використані сучасні CAD/CAM/CAE системи задля досягнення поставлених задач. Для виготовлення деталі «Муфта» була проведена конструкторсько-технологічна підготовка, було обрано та обґрунтовано різальний інструмент, а також спроектовано спеціальний та проаналізовано за допомогою SOLIDWORKS Simulation.

Для сучасного обладнання з ЧПК, була отримана керуюча програма для обробки заданої деталі та проведено моделювання у FeatureCAM, а також розроблено інструментальне налагодження на токарну операцію.

**ГЕОМЕТРИЧНІ ПАРАМЕТРИ ІНСТРУМЕНТУ, ОБРОБКА З ЧПК, ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ, НАДІЙНІСТЬ.**

## ABSTRACT

The explanatory note to BQW contains: 65 pages, 50 figures, 13 tables, 5 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: design and technological preparation for the manufacture of the "Coupling" part and justification of the parameters of the cutting tool using CAD/CAM/CAE systems.

The object of the study is the development of a technological and design process for the production of the "Coupling" part for the transmission of torque during the movement of the motor vehicle.

The subject of the research is the use of modern equipment and cutting tools for the production of the "Coupling" part.

Modern CAD/CAM/CAE systems were used in the work to achieve the set objectives. For the manufacture of the "Coupling" part, design and technological preparation was carried out, a cutting tool was selected and substantiated, as well as a special design and analysis using SOLIDWORKS Simulation.

For modern CNC equipment, a control program for processing a given part was obtained and modeling was carried out in FeatureCAM, as well as tool debugging for turning operation was developed.

**GEOMETRIC PARAMETERS OF THE INSTRUMENT, PROCESSING OF THE CNC, ENGINEERING ANALYSIS, DESIGN.**

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.P</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Реферат</i>		
<i>Затверд.</i>					<i>зр. ПМ-20</i>		

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ	
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.....	11
1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником.....	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ	
2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін.....	17
2.2 Аналіз якості поверхонь деталей.....	18
2.3 Технічний контроль робочого креслення.....	19
2.4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	20
2.5 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання.....	21
3 ВИБІР РІЖУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ	
3.1 Вибір типу інструментів з обробки поверхонь деталі.....	28
3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів.....	30
3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту.....	37
3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів.....	38
3.5 Компоновка інструментального комплексу та розробка інструментального налагодження на технологічну операцію деталі.....	40
4 ПРОЕКТУВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ	
4.1 Розрахунок та проектування спеціального різального інструменту.....	44
4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту.....	47
5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ	
5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора.....	51
5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм.....	53
6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	
6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників.....	59
6.2 Охорона праці та екологія виробництва.....	61
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	65

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.3</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
					<i>Зміст</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>							

## ВСТУП

Вищою метою економічної політики нашої країни було і залишається постійне підвищення матеріального і культурного рівня життя населення. Реалізація цієї мети вимагає прискорення соціально-економічного розвитку, всебічної інтенсифікації та підвищення продуктивності виробництва на основі науково-технічного прогресу. Необхідно забезпечити стабільний ріст економіки та створити умови для інноваційного розвитку, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності країни на світовому ринку.

Основними завданнями промисловості є забезпечення механізації, паливно-енергетичними ресурсами, машинами, устаткуванням та іншими сучасними засобами виробництва. Головними напрямками промисловості є збільшення обсягу капіталовкладень, спрямованих на розвиток машинобудівного комплексу, нарощування випуску продукції машинобудування і металообробки, широке впровадження верстатів з числовим програмним управлінням, гнучких переналагоджуваних виробництв і систем автоматизованого проектування, розвиток спеціалізованих виробництв інструменту, збільшення випуску продукції машинобудування, скорочення термінів розробки і освоєння нової техніки. Крім того, важливо акцентувати увагу на модернізації існуючих виробничих потужностей та впровадженні екологічно чистих технологій, що дозволить знизити негативний вплив на довкілля.

При дипломному проектуванні особлива увага приділяється самостійній роботі студента з метою розвитку ініціативи у вирішенні технічних і організаційних завдань, а також детального аналізу існуючих технологічних процесів. Основне завдання при цьому полягає в тому, щоб під час роботи над дипломним проектом були винесені пропозиції щодо вдосконалення існуючої технології, оснащення виробництва. Для виконання цього завдання необхідно поліпшити і вивчити прогресивні напрямки розвитку технологічних методів і засобів на основі аналізу і зіставлення якісних показників, дати свої пропозиції щодо застосування передової техніки. Також важливо, щоб студенти здобували практичні навички роботи з сучасним обладнанням і технологіями, що допоможе їм у майбутній професійній діяльності.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.В</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Кантр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Вступ</i>		
<i>Затверд.</i>							



## INTRODUCTION

The ultimate goal of our country's economic policy has always been and remains the continuous improvement of the material and cultural living standards of the population. Achieving this goal requires accelerating socio-economic development, thoroughly intensifying and increasing productivity based on scientific and technological progress. It is essential to ensure stable economic growth and create conditions for innovative development, which will enhance the country's competitiveness in the global market.

The primary tasks of industry include ensuring mechanization, providing fuel and energy resources, machinery, equipment, and other modern means of production. The main directions for industry involve increasing the volume of capital investments aimed at developing the machine-building sector, boosting the production of machinery and metalworking products, widely implementing numerically controlled machines, flexible manufacturing systems, and automated design systems, developing specialized tool production, and reducing the timeframes for developing and mastering new technology. Additionally, it is important to focus on modernizing existing production capacities and implementing environmentally friendly technologies to reduce the negative impact on the environment.

In diploma projects, special attention is given to independent student work to foster initiative in solving technical and organizational tasks, as well as to the detailed analysis of existing technological processes. The primary objective here is for students to propose improvements to existing technology and production equipment during their diploma projects. To accomplish this, it is necessary to enhance and study progressive trends in technological methods and tools based on the analysis and comparison of qualitative indicators, and to provide recommendations for the application of advanced technology. It is also crucial for students to gain practical skills in working with modern equipment and technologies, which will aid them in their future professional careers.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.В</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		2

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ

## 1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних

Початковими даними для розробки проекту є креслення «Муфта» та механізму, в який вона вбудована.

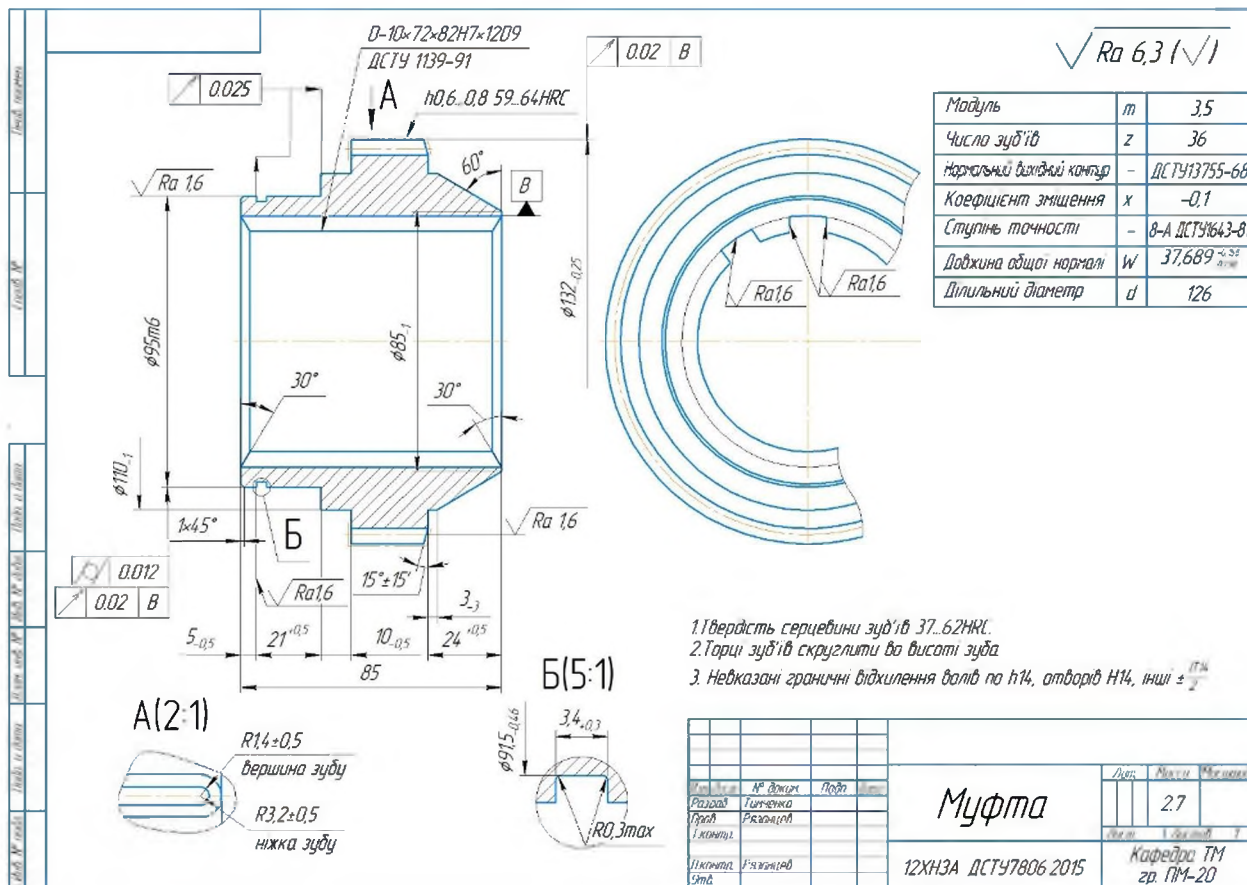


Рисунок 1.1 – Отримане креслення деталі «Муфта»

Муфта - це деталь, що з'єднує два обертових вала, що обертаються зі співвісними або не співвісними осями. Муфти застосовуються в різних машинах і механізмах для передачі крутного моменту від одного вала до іншого.

На кресленні деталі зображений головний вид у розрізі і вид збоку, виносні елементи, проставлені всі потрібні розміри, шорсткість та допуски на відхилення, які необхідні для виготовлення деталі.

КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП				
Зм.	Арх.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Тимченко			
Перевір.	Рязанцев			
Н. Контр.	Рязанцев			
Затверд.				
Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі			Лит.	Арк.
				1
			гр. ПМ-20	

Деталь можна побачити рис. 1.2 у тривимірному форматі, щоб краще уявити її поверхні.

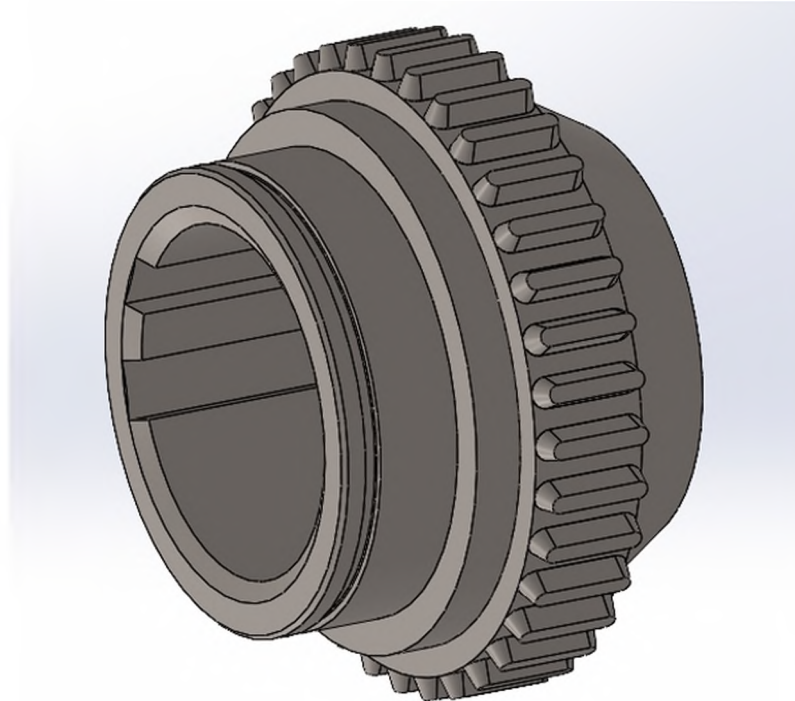


Рисунок 1.2 – 3D модель деталі «Муфта»

Технічне завдання полягає у визначенні оптимальних характеристик різального інструменту для виготовлення муфти, яка входить до гідропередачі автомотриси, з використанням сучасних CAD/CAM/CAE систем.

Партія замовлення – 500 штук на рік.

Задля досягнення мети роботи передбачені наступні завдання:

- Провести аналіз конструкції та властивостей муфти.
- Обґрунтувати вибір та властивості використовуваного матеріалу для муфти.

- Розробити та проаналізувати різальний інструмент для оптимального виготовлення деталі.

- Виконати моделювання процесу виготовлення спеціального різального інструменту за допомогою CAD/CAM/CAE систем для підтвердження ефективності обраного підходу.

Об'єктом дослідження є технологічний процес виготовлення муфти.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка та обґрунтування параметрів різального інструменту для його виготовлення з використанням CAD/CAM/CAE систем.

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

Деталь «Муфта» входить в гідропередачу автотриси АЧ2. Деталь призначена для передачі крутного моменту при русі автотриси і становлення автотриси в нейтральне положення виведячи її із зачеплення, за допомогою шліцьового з'єднання.

АЧ2 – автотриси виробництва Vagonka Studenka (Чехословаччина), розроблена для приміських перевезень пасажирів.

Технічні характеристики:

- Місткість - 161 особа (головний вагон) і 290 осіб (причіпний вагон);
- Висота - 4480 мм;
- Довжина - 25 000 мм;
- Ширина - 3100 мм;
- Ширина колії - 1520 мм;
- Максимальна швидкість - 120 км/год;
- Мінімальний радіус проходження кривих - 80 м;
- Потужність дизельного двигуна - 1000 к.с.;
- Осьова формула - 20-2 (головний вагон) і 2-2 (причіпний вагон);
- Службова маса - 69 т (головний вагон) і 37 т (причіпний вагон);
- Склад поїзда - від 1 до 6 вагонів;
- Тип передачі - гідравлічна.

Кузов автотриси АЧ2 має двокабінну зварну конструкцію, виконану з нержавіючої сталі. Він включає головну раму, бічні стіни, дах і передні частини кабін управління. Для з'єднання вагонів АЧ2 між собою або з іншим рухомим складом на торцях рами кожного вагона встановлені автозчеплення СА-3, з боків яких розміщені буфера.

В машинному відділенні автотриси АЧ2 встановлений V-подібний 12-циліндровий чотиритактний дизельний двигун М756Б (12ЧН18/20). Цей двигун обладнаний газотурбінним наддувом від одного турбокомпресора. Максимальна потужність двигуна становить 736 кВт (1000 к.с.). Габарити двигуна: довжина - 2405 мм, ширина - 1240 мм, висота - 1475 мм, маса - 2000 кг. Позаду дизеля в машинному відділенні встановлена гідродинамічна коробка передач ГДП-1000Ч (рис.1.2).

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

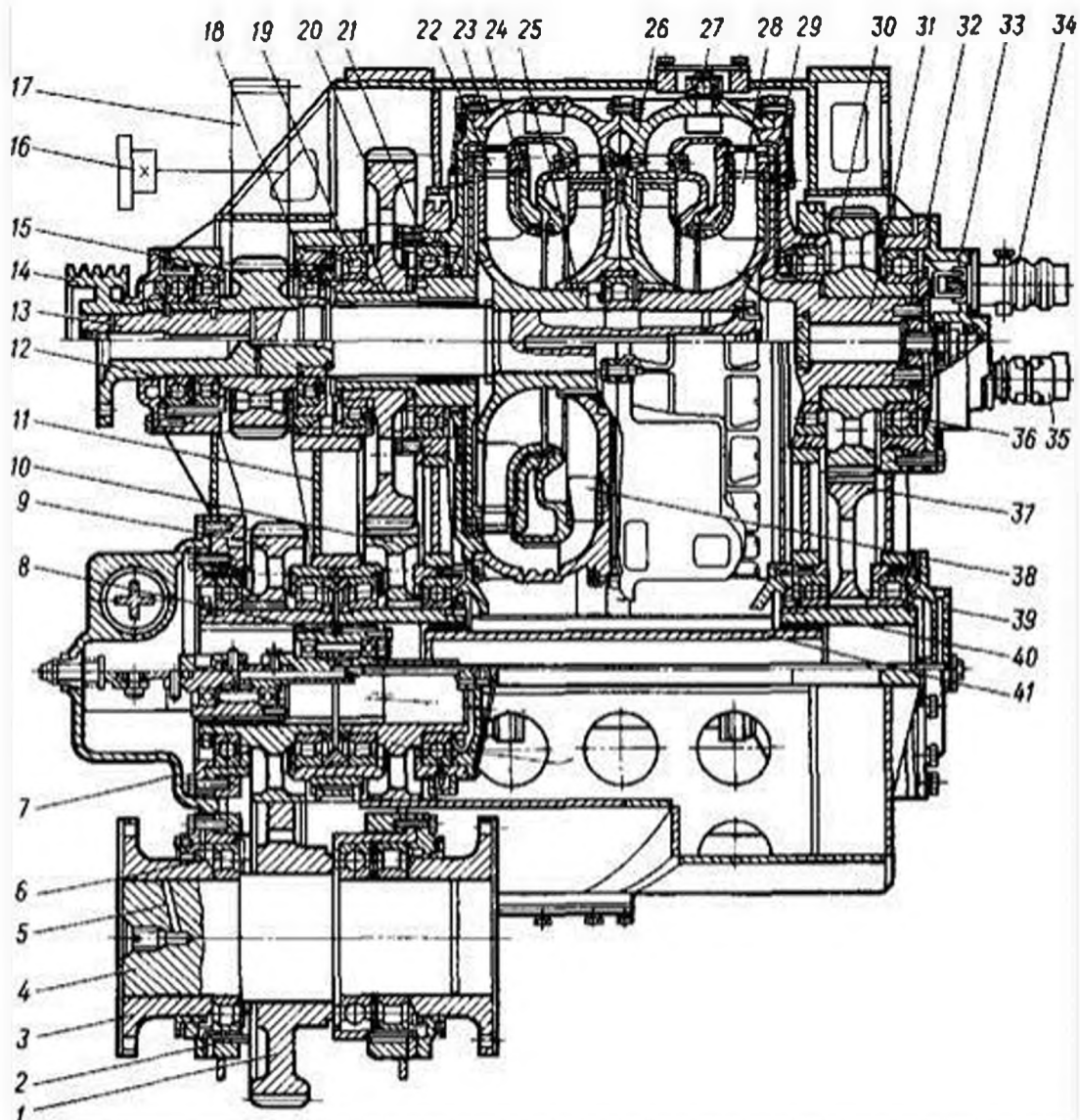


Рисунок 1.2 – Гідропередача автоматриси АЧ2

1, 8, 9, 10, 17, 20, 30, 37 – зубчасті колеса; 2, 32 – обойми підшипників; 3 – фланець; 4 – вал роздатковий; 5 – отвір для гідророз'єму фланця; 6, 12, 18, 19 – роликпідшипники; 7 – кришка реверсної частини; 14 – шків; 15 – муфта; 16 – вхідний вал; 21, 36 – шарикопідшипники; 22 – лопатки турбінного колеса; 26 – корпус гідротрансформатора II ступені; 24 – лабіринте кільце; 25 – колесо насосу; 26 – корпус гідротрансформатора I ступені; 31 – вал ведений; 33, 39 – кришки; 34 – клапан блокуючий; 35 – датчик швидкості; 38 – апарат направляючий; 40 – втулка зубчаста; 41 – втулка з'єднувальна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП

Арк.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд електровозу АЧ2

Гідропередача з'єднує дизельний двигун з колісними парами ведучого візка під час руху, використовуючи турбінне масло для передачі зусилля без жорсткого механічного зв'язку, і роз'єднує їх при зупинці поїзда або під час його руху в нейтральному режимі. Нижня частина коробки передач виступає з-під днища електровозу і передає обертання через карданний вал до осевого редуктора переднього візка.

Гідропередача має багатоконтурну конструкцію з послідовним заповненням і спорожненням гідроапаратів, а також автоматичним електрогідролічним управлінням. Вона складається з підвищувального редуктора, двох гідротрансформаторів і реверсивного механізму. Гідротрансформатори перетворюють крутний момент двигуна, забезпечуючи плавний старт і зміну швидкості руху відповідно до потужності, що надходить від дизеля. Середній ККД передачі в робочому діапазоні швидкостей становить приблизно 83%.

### 1.3 Розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником

На поверхні муфти ( $\varnothing 95m6$ ) встановлюються підшипники кочення. Проведемо розрахунок параметрів точності з'єднання муфти з підшипником (0 клас точності) – 1000819. Визначаємо найбільші та найменший натяги при посадці внутрішнього кільця підшипника на муфту. Для цього визначаємо граничні відхилення для внутрішнього діаметру підшипника та для муфти.

Основні параметри:

$D=95$  мм - номінальний діаметр внутрішнього кільця

$d=120$  мм - номінальний діаметр зовнішнього кільця

$B=13$  мм – ширина кілець підшипника

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r = 1,5$  мм – радіус кромки внутрішнього кільця

Величина граничних відхилень дорівнюють:

Для внутрішнього діаметру підшипника  $\varnothing 95$

$$ES = 0 \text{ мкм} \quad EI = -20 \text{ мкм.}$$

Для зовнішнього діаметру підшипника  $\varnothing 120$

$$es = 0 \text{ мкм} \quad ei = -25 \text{ мкм}$$

Для валу  $\varnothing 95m6$

$$es = +35 \text{ мкм}, \quad ei = +13 \text{ мкм}$$

Для отвору  $\varnothing 120H7$

$$ES = +40 \text{ мкм} \quad EI = 0 \text{ мкм}$$

В з'єднанні підшипник – муфта натяги дорівнюють:

$$N_{max} = es - EI = 35 - (-20) = 55 \text{ мкм}$$

$$N_{min} = ei - ES = +13 - 0 = 13 \text{ мкм}$$

В з'єднанні підшипник – корпус зазори дорівнюють:

$$S_{max} = ES - ei = +40 - (-25) = 65 \text{ мкм}$$

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

Визначаємо посадковий радіальний зазор між кільцями та тілами кочення у підшипникові при вибраній посадці:

$$S_{\text{пос}} = S_{\text{т,нач}} - \Delta D_2, \text{ мкм} \quad (1.1)$$

де  $S_{\text{т,нач}}$  - середнє значення начального радіального зазору, котрий визначається арифметичне значення з найбільшого і найменшого начальных радіальних

$$S_{\text{т,нач}} = \frac{S_{\text{min,нач}} + S_{\text{max,нач}}}{2}, \text{ мкм} \quad (1.2)$$

$$S_{\text{min,нач}} = 30 \text{ мкм}$$

$$S_{\text{тфч,нач}} = 64 \text{ мкм}$$

$$S_{\text{т,нач}} = \frac{30 + 64}{2} = 47 \text{ мкм}$$

$\Delta D_2$  - діаметральна деформація бігової доріжки кільця після посадки його на вал з натягом, визначається по формулі:

$$\Delta D_2 = \frac{3,4D}{3D + d} \times N_{\text{max}}, \text{ мкм} \quad (1.3)$$

$$\Delta D_2 = \frac{3,4 \times 95}{3 \times 95 + 120} \times 55 = 44 \text{ мкм}$$

де  $D$ - номінальний діаметр внутрішнього кільця, мм

$d$ - номінальний діаметр зовнішнього кільця, мм

$N_{\text{max}}$  – максимальний табличний натяг вибраної посадки внутрішнього кільця на вал, мкм.

По формулі (1.1) визначаємо посадковий зазор:

$$S_{\text{пос}} = 47 - 44 = 3 \text{ мкм}$$

Визначене додатне значення посадкового зазору, свідчить про те, що між тілами кочення та біговими доріжками є зазор. Значить вибрана посадка

					КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

підшипника на муфту задовольняє експлуатаційним потребами.

Зображаємо схему полів допусків з'єднання підшипник (рис. 1.4) та загальний вигляд (рис. 1.5).

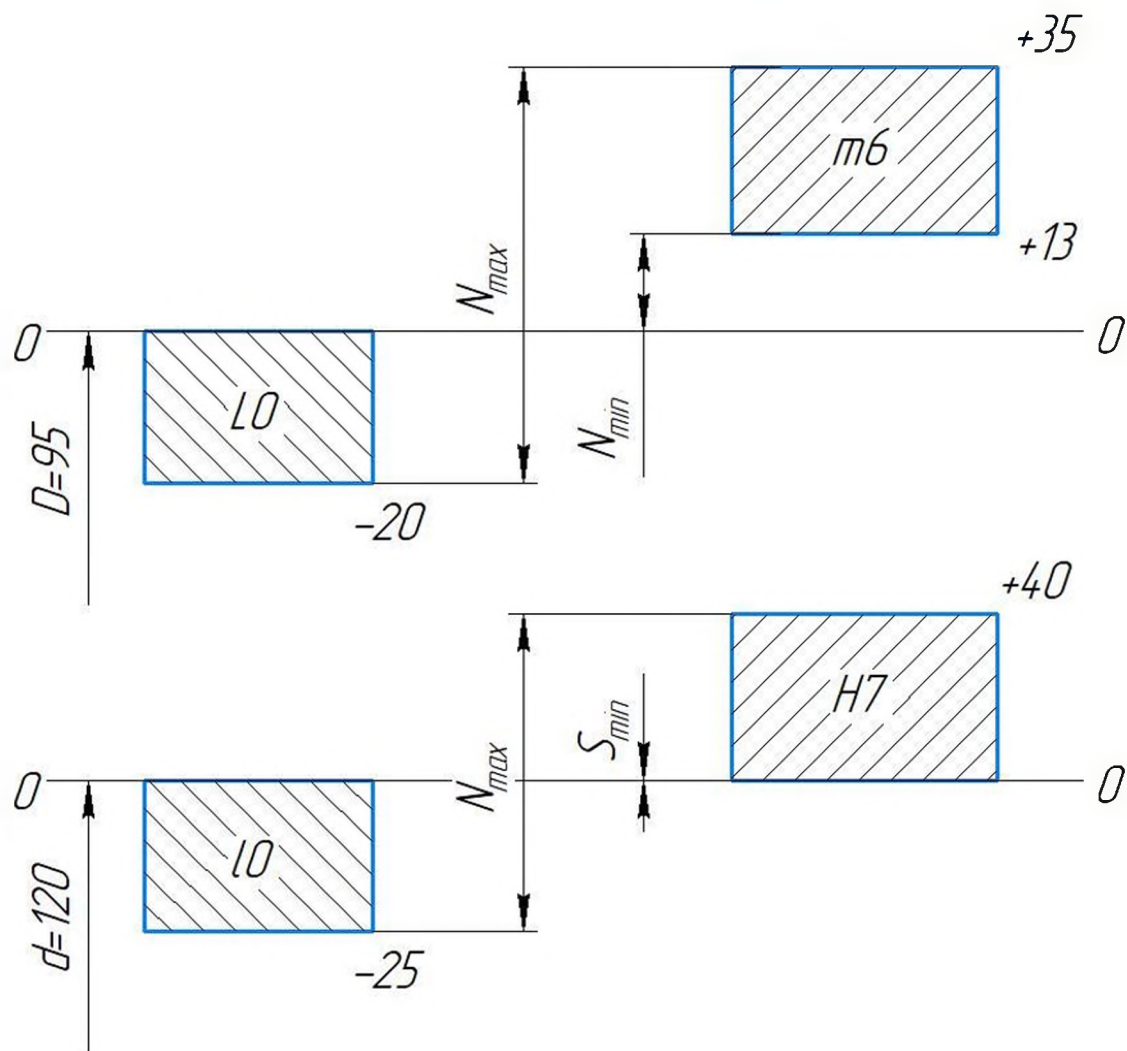


Рисунок 1.4 – Схема полів допуску підшипника кочення

					КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



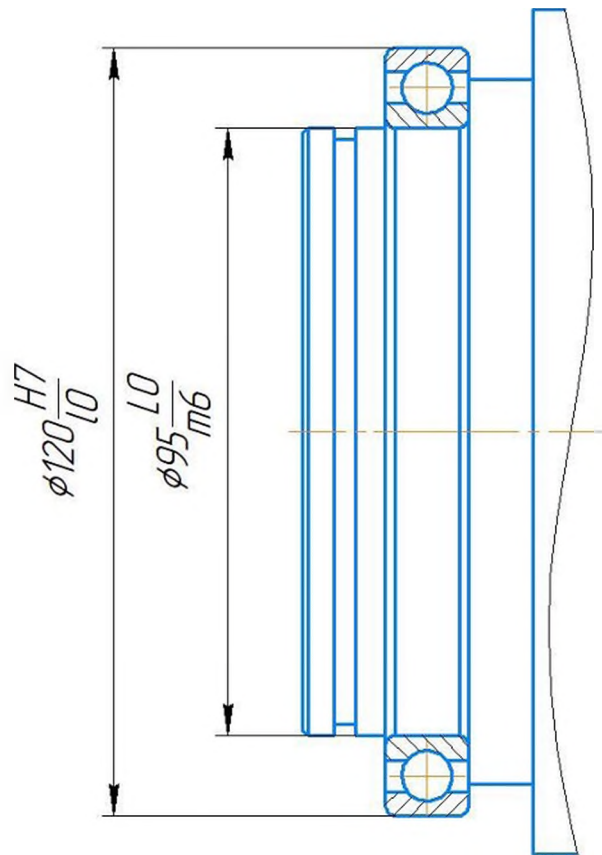


Рисунок 1.5 – Ескіз підшипникового вузла

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-16.01.АСП

Арк.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ДЕТАЛІ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу та варіантів заміні

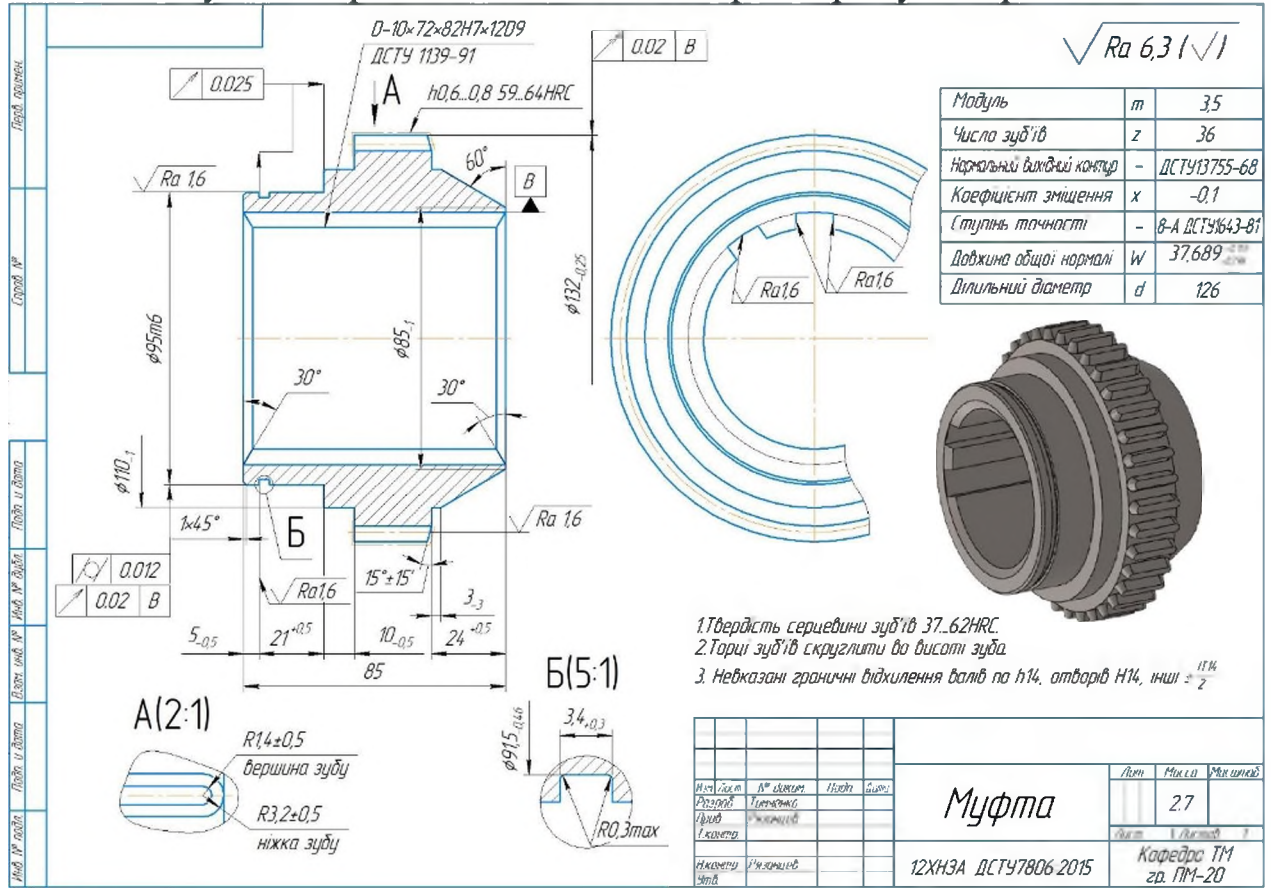


Рисунок 2.1 – Креслення деталі

Деталь «Муфта» належить до класу «тіла обертання» і «порожнисті циліндри». Він використовується для передачі крутного моменту під час руху автотриси, а також для встановлення автотриси в нейтральне положення шляхом відключення за допомогою шліцевого з'єднання.

Матеріал деталі – легувана сталь 12ХН3А ДСТУ 7806:2015, до якої пред'являються вимоги високої точності, пластичності і в'язкості серцевини та високої поверхневої твердості, що працюють при ударних навантаженнях.

В якості заміників даного матеріалу можуть виступати сталі 12ХН2 та 20ХН3А. Як видно з таблиць 2.1 та 2.2, сталі мають подібний хімічний склад і механічні властивості.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.02.ТПВ</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тимченко			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев				1	
Н. Контр.		Рязанцев			<i>гр. ПМ-20</i>		
Затверд.					<i>Технологічна підготовка виробництва деталі</i>		



Таблиця 2.3 – Вимоги до точності і шорсткості поверхонь деталі

№з/п	Розмір, мм	Допуск, IT	Шорсткість Ra, мм	Примітка
1	2	4	5	6
1	L 85	h14	6.3	
2	L 24	h14	6.3	
3	Ø110	h14	6.3	
4	L 24	h14	6.3	
5		h14	6.3	
6	Ø132	h11	6.3	
7	Ø72	H6	1.6	
8		H14	6.3	
9	L 85	h14	6.3	
10	Ø95	h6	1.6	
11	L 59	h14	6.3	
12	Ø110	h14	6.3	
13	L 24	h14	6.3	
14		H14	6.3	
15	1x45°	h14	6.3	
16	b 3.4	h6	1.6	
17	L 10	h6	1.6	

До заданої деталі висуваються наступні вимоги:

- твердість серцевини зубів в діапазоні 37-42 HRC, а на поверхні зубів - на глибину h від 0,6 до 0,8 до 59-64 HRC. Це важливо, оскільки муфта в процесі роботи витримує ударні навантаження. Одержання вказаної твердості матеріалу дозволить досягти необхідних механічних властивостей, підвищити стійкість робочої поверхні та зменшити її крихкість, що в свою чергу забезпечить необхідну надійність роботи деталі в узлі.

- торці зубів скруглити по висоті зуба, що дозволяє експлуатувати деталь без можливості пошкодження нею робітника;

- невказані граничні відхилення розмірів: отворів – H14; валів – h14; решти –  $\pm IT14/2$ .

Муфта має центральний шліцьовий отвір D-10x72x82H7x12D9 мм, зубчастий вінець з модулем  $m = 3,5$  мм та числом зубів  $z = 36$ , виготовлений із степінню точності 8-A.

На кресленні деталі є такі вимоги до термічної обробки: твердість серцевини зубів 37...42 HRC, поверхня зубів – на глибину h 0,6...0,8 до 59...64 HRC.

Ставиться вимога циліндричності поверхні  $\varnothing 95$  мм 0,012 та радіального биття 0,02 відносно бази В. Допуск торцевого биття 0,025 мкм.

### 2.3 Технічний контроль робочого креслення

Під час аналізу креслення деталі "Муфта", важливо відзначити, що його структура містить достатню кількість видів та перерізів, що дозволяє отримати повне уявлення про конструктивні особливості деталі.

Розміри, граничні відхилення, шорсткість та допуски форми та розташування всіх поверхонь проставлені відповідно до вимог стандартів, таких як ДСТУ 2.307:2011, ДСТУ 2.309-73, ДСТУ 2.308:2011, що гарантує виготовлення деталі з необхідною точністю згідно її призначення.

Технічні вимоги на виготовлення деталі та їх нанесення відповідають стандартам ДСТУ 2.316:2008, ДСТУ 2.104:2006, а також порядку заповнення основного напису, описаного у вимогах ДСТУ 2.052:2006.

Креслення виконане з використанням графічного редактора, що відповідає вимогам ДСТУ 2.052:2006 та виконане згідно вимог Єдиної системи конструкторсько-креслень ДСТУ 2.109-73.

### 2.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

Деталь «Муфта» відноситься до класу «тіл обертання», «порожнистих циліндрів» використовується для передачі крутного моменту в режимі тяги та установки автотриси в нейтральне положення за допомогою шліцьового з'єднання.

Основний матеріал для виготовлення деталі - легована сталь 12ХНЗА згідно зі стандартом ДСТУ 7806:2015. Цей матеріал дозволяє використовувати високопродуктивні інструментальні матеріали, такі як тверді сплави, під час обробки.

Конструкція муфти забезпечує зручність обробки всіх необхідних елементів деталі, а шорсткість поверхонь відповідає квалітетам точності розмірів і не потребує дорогих, важких або трудомістких фінішних операцій. Допуски застосовуються тільки на поверхнях з'єднання, що забезпечує зручність вимірювань.


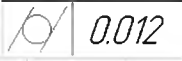

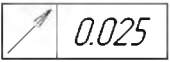
Крім того, конструкція деталі має гарні базові поверхні, що дозволяє зручно і надійно установлювати заготовку під час обробки. Конструктивні елементи деталі уніфіковані, що спрощує процес виготовлення і дозволяє застосовувати сучасні технології обробки.

Отже, на основі проведеного аналізу можна зробити висновок, що деталь є технологічною як при виготовленні заготовки, так і при подальшій механічній обробці та збиранні.

## 2.5 Проектування технологічного процесу обробки деталі та вибір обладнання

Використовуючи кінцеві вимоги до точності і якості поверхонь деталей, обираємо послідовно застосовувані технологічні методи обробки, сукупність яких забезпечить задану на робочому кресленні якість поверхні.

Таблиця 2.4 – 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	L 85	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	h14 h14	12.5 6.3	
2	L 24	Точіння конуса чорнове Точіння конуса півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
3	Ø110	Точіння чорнове Точіння півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
4	L 24	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
5		Точіння конуса чорнове Точіння конуса півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
6	Ø132	Точіння чорнове Точіння півчистове	h14 h11	12.5 6.3	
7	Ø72	Розточення чорнове Розточення півчистове Протягнути шліцьовий отвір	H14 H14 H6	12.5 6.3 1.6	
8		Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	H14 H14	12.5 6.3	
9	L 85	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	h14 h14	12.5 6.3	
10	Ø95	Точіння чорнове Точіння півчистове Точіння чистове Шліфування	h14 h11 h8 h6	12.5 6.3 3.2 1.6	 
11	L 59	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	h14 h14	12.5 6.3	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
12	Ø110	Точіння чорнове Точіння півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
13	L 24	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
14		Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	H14 H14	12.5 6.3	
15	1x45°	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	h14 h14	12.5 6.3	
16	b 3.4	Точіння канавки чорнове Точіння канавки півчистове Точіння канавки чистове	h14 h11 h6	12.5 6.3 1.6	
17	L 10	Фрезерувати зуби начорно Фрезерувати зуби начисто Закруглити зуби	h14 h8 h6	12.5 3.2 1.6	

З урахуванням передбачених технологічних методів обробки поверхонь, оберемо типи металорізального обладнання та інструментів. Дані занесемо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Вибір металорізальних верстатів та інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п	Найменування операції	Тип верстату	Примітка
1	2	3	4
1	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	HAAS ST-10	
2	Точіння конуса чорнове Точіння конуса півчистове	HAAS ST-10	
3	Точіння чорнове Точіння півчистове	HAAS ST-10	
4	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	HAAS ST-10	
5	Точіння конуса чорнове Точіння конуса півчистове	HAAS ST-10	
6	Точіння чорнове Точіння півчистове	HAAS ST-10	
7	Розточення чорнове Розточення півчистове Протягнути шліцьовий отвір	HAAS ST-10 BM25	

## Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
8	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	HAAS ST-10	
9	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	HAAS ST-10	
10	Точіння чорнове Точіння півчистове Точіння чистове Шліфування	HAAS ST-10 WOTAN S3U	
11	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	HAAS ST-10	
12	Точіння чорнове Точіння півчистове	HAAS ST-10	
13	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	HAAS ST-10	
14	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	HAAS ST-10	
15	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	HAAS ST-10	
16	Точіння канавки чорнове Точіння канавки півчистове Точіння канавки чистове	HAAS ST-10	
17	Фрезерувати зуби начорно Фрезерувати зуби начисто Закруглити зуби	Leibherr LC 180	



Рисунок 2.3 – Горизонтально-токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-10



Таблиця 2.6 – Технічні характеристики верстата з ЧПК моделі HAAS ST-10.

ПАРАМЕТРИ ОБРОБКИ	
Переміщення по осі X	200 мм
Переміщення по осі Z	406 мм
Розмір патрона	165 мм
Найбільший діаметр прутка	44 мм
Максимальний діаметр деталі	419 мм
Максимальний діаметр обробки (в залежності від поворотної головки)	356 мм
Прискорені переміщення по осях X і Z	30,5 м/хв
Максимальне навантаження по осях X і Z	14,679 кН
максимальна швидкість	50 - 6 000 об./хв
Максимальний крутний момент / зі швидкістю 500 об / хв /	102 Нм
максимальна потужність	11,2 кВт
торець шпинделя	A2-5
кількість інструментів	12шт.
Тип головки револьверної головки	40VDI
точність позиціонування	+/-0,005мм
Точність повторного позиціонування	+/-0,003мм
Вага верстата	2500 кг

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.02.ТПВ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Вертикально протяжний верстат BM25

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики верстата BM25

Потужність привода	2,2 KW / 3 CV
Гидравлична потужність	10 Tm
Робоча швидкість	24 mm/s
Швидкість зворотнього ходу	54 mm/s
Подача насоса	7,5 L
Ход шпинделя	600 mm
Горловина	300 mm
Розміри станини	420x420 mm
Габарити	820x1270x2365 mm
Вага	790 Kg



Рисунок 2.5 – Зубооброблювальний верстат Leibherr LC 180

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики верстата Leibherr LC 180

Найбільший модуль нарізання коліс, мм	3-5
Найбільший діаметр виробу, що обробляється, мм	180
Найбільший діаметр різального інструменту, мм	150
Максимальна частота обертання, об/хв	6000
Сумарна потужність електродвигунів, кВт	12
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	7,5
Габарити верстата, мм	5500×3500×3000
Маса верстата, кг	11500



Рисунок 2.6 – Шліфувальний верстат WOTAN S3U

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики верстата WOTAN S3U

Діаметр обробки/діаметр деталі, мм	400
Довжина обробки, мм	400-1000
Вага оброблюваної деталі, кг	400
Переміщення, мм	500
Точність обробки, мм	0.0001
Максимальна швидкість, м/хв	15
Розміри шліфувального кола, мм	Ø 500x Ø 50x Ø 200
Габарити верстата, мм	3500x2000x2100
Вага верстата, кг	3300

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

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

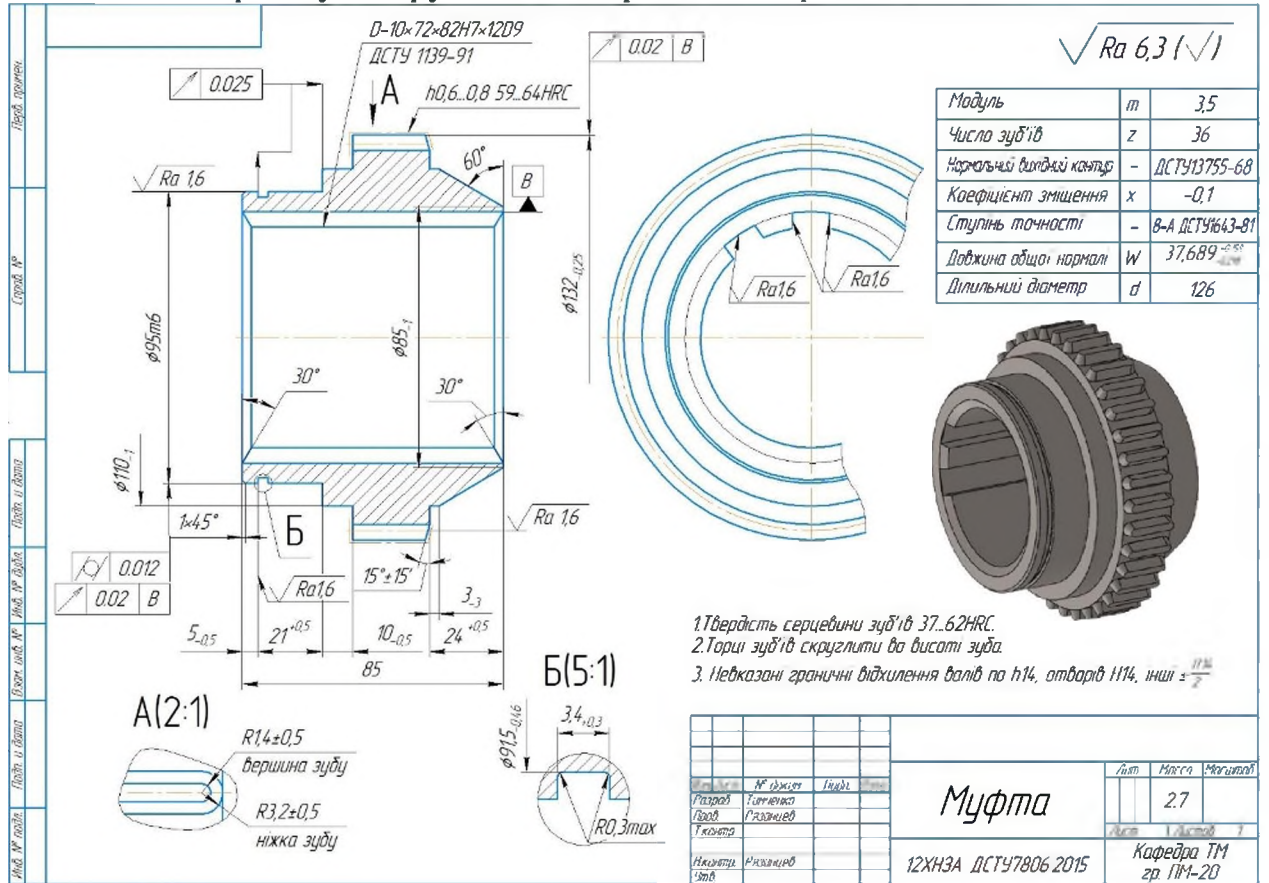


Рисунок 3.1 – Креслення деталі

Враховуючи раніше обрані технологічні методи обробки поверхонь та їх кількість, ми вибираємо сучасні типи інструментів, які пропонуються як вітчизняними, так і іноземними виробниками. Для кожної поверхні деталі ми підбираємо та обґрунтовуємо тип інструменту і представляємо його ескіз. Ці дані будуть занесені в таблицю 3.1.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.03.ВРД</i>		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Тимченко			Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Рязанцев				1	
Н. Контр.		Рязанцев			<i>гр. ПМ-20</i>		
Затверд.					<i>Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами</i>		

Таблиця 3.1 - Вибір типів інструментів по обробці поверхонь деталі

№ з/п поверхні	Найменування операції	Тип інструмента	Примітка
1	2	3	4
1	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	Підрізний різець	
2	Точіння конуса чорнове Точіння конуса півчистове	Прохідний різець	
3	Точіння чорнове Точіння півчистове	Прохідний різець	
4	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	Підрізний різець	
5	Точіння конуса чорнове Точіння конуса півчистове	Прохідний різець	
6	Точіння чорнове Точіння півчистове	Прохідний різець	
7	Розточення чорнове Розточення півчистове Протягнути шліцьовий отвір	Розточний різець  Протяжка	
8	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	Прохідний різець	
9	Чорнове підрізання торця Півчистове підрізання торця	Підрізний різець	
10	Точіння чорнове Точіння півчистове Точіння чистове Шліфування	Підрізний різець  Шліфувальний круг	
11	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	Підрізний різець	
12	Точіння чорнове Точіння півчистове	Прохідний різець	
13	Підрізання уступу чорнове Підрізання уступу півчистове	Підрізний різець	
14	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	Прохідний різець	
15	Точіння фаски чорнове Точіння фаски півчистове	Прохідний різець	
16	Точіння канавки чорнове Точіння канавки півчистове Точіння канавки чистове	Канавочний різець	
17	Фрезерувати зуби начорно Фрезерувати зуби начисто	Черв'ячна фреза	

### 3.2 Вибір параметрів різальної частини інструментів

Користуючись фізико-механічними властивостями матеріалу деталі, типу обробки та використаних металорізальних верстатів для обраного типу металорізальних інструментів, визначаємо матеріал різальної частини, геометричні параметри, а також матеріал державки (корпусу, хвостовика) інструменту, які постачаються вітчизняними та іноземними виробниками. Ці дані будуть занесені до таблиці 3.2.

Використовуємо каталог Seco 2020 р.

Для чорнкової обробки поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 обираємо різець:

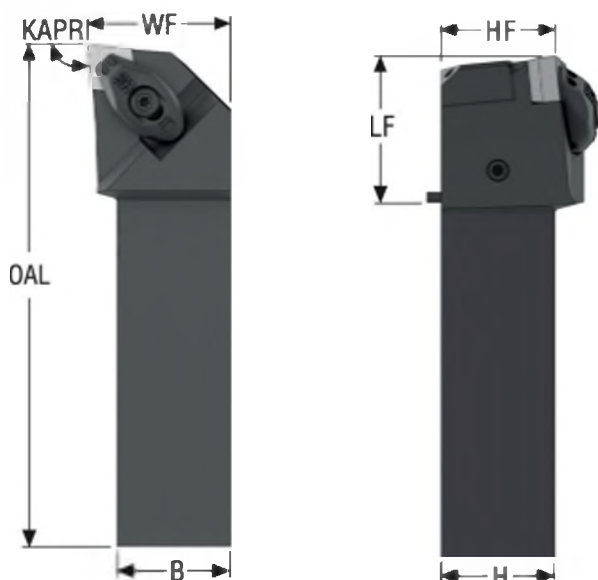


Рисунок 3.2 – Державка DCLNR2020X12JETI [1, с.207]

Геометричні параметри:  $H=20\text{мм}$ ;  $B=20\text{мм}$ ;  $OAL=140\text{мм}$ ;  $LF=41\text{мм}$ ;  $WF=40\text{мм}$ ;  $KAPRI=95^\circ$ .

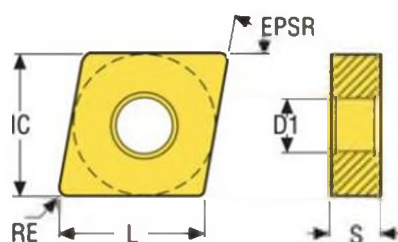


Рисунок 3.3 – Пластина CNMG120412-MR7 ; Матеріал: TM2501 [1, с.429]

Геометричні параметри:  $IC=12,7\text{мм}$ ;  $L=12,9\text{мм}$ ;  $S=4,76\text{мм}$ ;  $RE=1,2\text{мм}$ ;  $D1=5,15\text{мм}$ .

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.03.ВРД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для півчистої обробки поверхонь 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 обираємо різець:

Державка DCLNR2020X12JETI

Пластина CNMG120408-MR7; Матеріал: TM2501

Геометричні параметри: IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.

Для чистої обробки поверхні 10 обираємо підрізний різець різець:

Державка DCLCR2020X12JETI

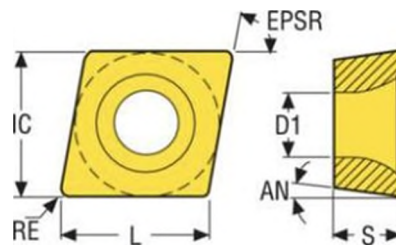


Рисунок 3.4– Пластина CCMT120404-F1 ; Матеріал: CP200 [1, с.421]

Геометричні параметри: IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,4мм; D1= 5,6мм; AN=7°.

Для чорнової обробки поверхні 7 обираємо розточний різець різець:

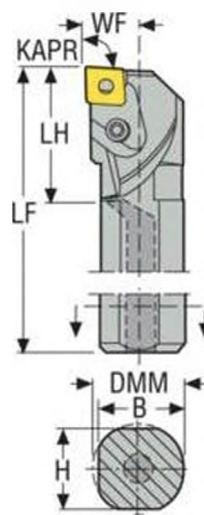


Рисунок 3.5 – Державка A20R-PCLNR09 [1, с.350]

					КНУ.КБР.131.24.1-16.03.ВРД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Геометричні параметри: DMM=20мм; H=18мм; B=19мм;  
LF=200мм; WF=13мм; LH=30мм; KAPR=95°.

Пластина CNMG090308-M3 ; Матеріал: TM2501

Геометричні параметри: IC=9,53мм; L=9,67мм; S=3,18мм;  
RE=0,8мм; D1= 3,8мм.

Для півчистої обробки поверхні 7 обираємо розточний різець  
різець:

Державка A20R-PCLNR09

Пластина CNMG090304-M3 ; Матеріал: TM2501

Геометричні параметри IC=9,53мм; L=9,67мм; S=3,18мм;  
RE=0,4мм; D1= 3,8мм.

Для чорнової обробки поверхні пазу 16 обираємо різець:

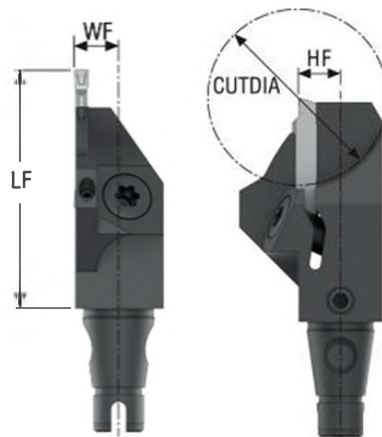


Рисунок 3.6 – Державка QC16-CFOL-1902RBJET [1, с.135]

Геометричні параметри: HF=8мм; WF=8мм; LF=32мм.

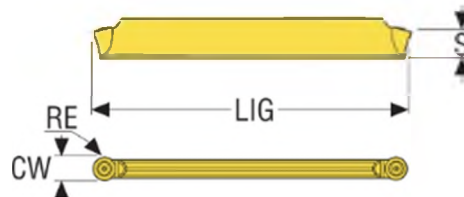


Рисунок 3.7– Пластина LCMF1902M0-0200-MP ; Матеріал: CP500 [1,  
с.670]

					КНУКБР.131.24.1-16.03.ВРД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Геометричні параметри:  $CW=2\text{мм}$ ;  $LIG=18,5\text{мм}$ ;  $S=2,85\text{мм}$ ;  $RE=1\text{мм}$ .

Для півчитсової обробки поверхні пазу 16 обираємо різець різець:

Державка QC16-CFOL-1902RBJET

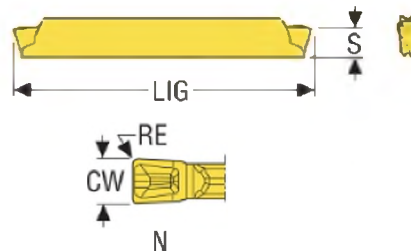


Рисунок 3.8– Пластина LCMF190202-0200-MP ; Матеріал: CP500 [1, с.670]

Геометричні параметри:  $CW=2\text{мм}$ ;  $LIG=18,5\text{мм}$ ;  $S=2,85\text{мм}$ ;  $RE=0,2\text{мм}$ .

Для читсової обробки поверхні пазу 16 обираємо різець різець:

Державка QC16-CFOL-1902RBJET

Пластина LCMF190202-0200-MP ; Матеріал: CP600

Геометричні параметри:  $CW=2\text{мм}$ ;  $LIG=18,5\text{мм}$ ;  $S=2,85\text{мм}$ ;  $RE=0,2\text{мм}$ .

Обираємо шліфувальний круг для опрещії 10 з каталогу TOOLGAL:

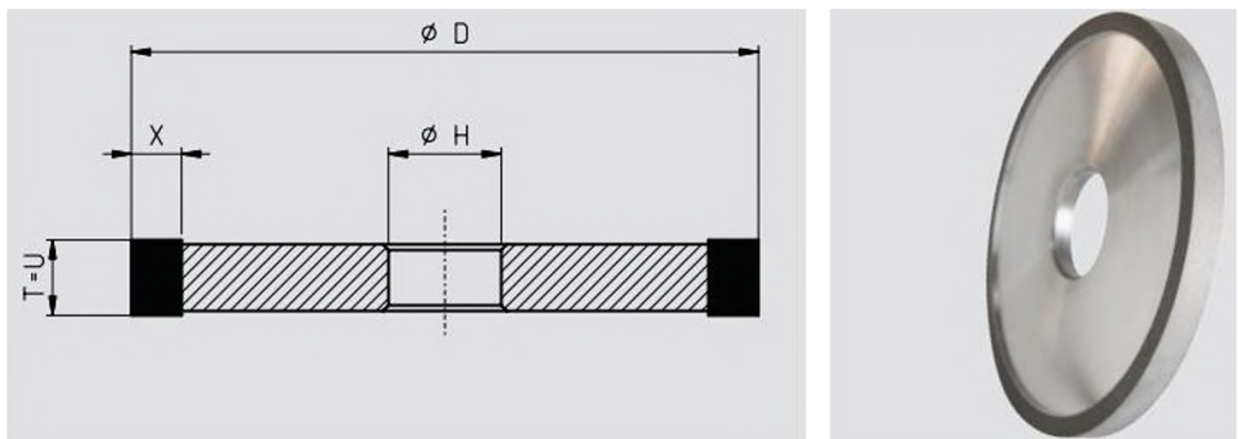


Рисунок 3.9 – Шліфувальний круг 1A1

Геометричні параметри:  $T=10\text{мм}$ ;  $X=10\text{мм}$ ;  $D=50\text{мм}$ ;  $H=5\text{мм}$ .  
Матеріал – Кубічний нітрид бору  
Зернистість – 250 мкм  
Зв'язка – керамічна

					<i>КНУКБР.131.24.1-16.03.ВРД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для протягування шліцевих отворів на поверхні 7 обираємо протяжку:

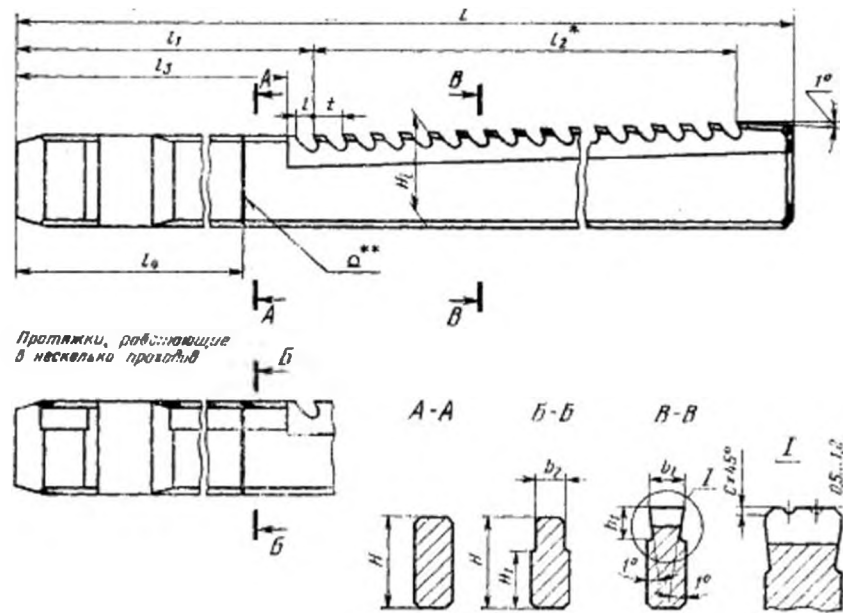


Рисунок 3.10 – Шпонкова протяжка 2405-1052

Геометричні параметри:  
 Номінальна ширина пазу – 6 мм; L – 565мм; l1 – 260мм; l2 – 294мм; l3 – 252мм;  
 t – 7мм.  
 Чисто зуб'їв – 43  
 Метеріал – Р6М5

Таблиця 3.2 - Вибір параметрів різальної частини інструментів

№ з/п поверхні	Тип інструменту	Матеріал різальної частини інструменту	Матеріал державки (корпуса, хвостовика) інструменту	Геометричні параметри різальної частини інструмента
1	2	3	4	5
1	Підрізний різець	чорнова – ТМ2501 п/ч – ТМ2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
2	Прохідний різець	чорнова – ТМ2501 п/ч – ТМ2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.

## Продовження таблиці – 3.2

1	2	3	4	5
3	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
4	Підрізний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
5	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
6	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
7	Розточний різець  Протяжка	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501 протягуванн я – P6M5	Сталь 40 Сталь У10	IC=9,53мм; L=9,67мм; S=3,18мм; RE=0,8мм; D1=3,8мм.  IC=9,53мм; L=9,67мм; S=3,18мм; RE=0,4мм; D1=3,8мм.  b <sub>п</sub> – 6 мм; L – 565мм; l1 – 260мм; l2 – 294мм; l3 – 252мм; t – 7мм.
8	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.

Продовження таблиці – 3.2

1	2	3	4	5
9	Підрізний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
10	Підрізний різець Шліфувальни й круг	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501 чистова – CP200 шліфування – КНБ	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,4мм; D1= 5,6мм; AN=7°.  T=10мм; X=10мм; D=50мм; H=5мм.
11	Підрізний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
12	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
13	Підрізний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
14	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.

Арк.

КНУ.КБР.131.24.1-16.03.ВРД

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

Продовження таблиці – 3.2

1	2	3	4	5
15	Прохідний різець	чорнова – TM2501 п/ч – TM2501	Сталь 40	IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=1,2мм; D1= 5,15мм.  IC=12,7мм; L=12,9мм; S=4,76мм; RE=0,8мм; D1= 5,15мм.
16	Канавочний різець	чорнова – CP500 п/ч – CP500 чистове – CP600	Сталь 40	CW= 2мм; LIG=18,5мм; S=2,85мм; RE=1мм.  CW= 2мм; LIG=18,5мм; S=2,85мм; RE=0.2мм.  CW= 2мм; LIG=18,5мм; S=2,85мм; RE=0.2мм.
17	Черв'ячна фреза	P6M5	Сталь 40	m=3.5; De=80мм; L=71; Z=10.

### 3.3 Розрахунок на міцність конструктивних параметрів різального інструменту

Для одного з обраних типів інструментів визначаються найбільш навантажені умови роботи, зокрема, умови чорнової обробки. З урахуванням цих умов різання, таких як фізико-механічні властивості матеріалу деталі, характеристики верстата та режими різання, обчислюються сили різання. Для зручності може бути використаний автоматизований розрахунок режимів різання. Після цього обраний інструмент перевіряється на міцність для найбільш навантажених умов обробки.

Розраховуємо різець DCLNR2020X12JETI. Оскільки він знімає найбільший припуск на механічну обробку та працює в найбільш тяжких умовах. Розміри різця: H=20мм; B=20мм; OAL=140мм; LF=41мм; WF=40мм; KAPR=95°. матеріал різця – сталь 40 з межею міцності  $\sigma_B = 650$  МПа і допустимою напругою  $\sigma_{н.д} = 200$  МПа, матеріал заготовки – 12ХНЗА з межею міцності  $\sigma_B = 960$  МПа. Діаметр заготовки – 132 мм, припуск на обробку (на сторону – 5 мм), подача S=0.5 мм/об, виліт різця l=65 мм.

#### 1. Визначаємо силу різання:

$$P_z = 9,81 C_{pz} t^{x_{pz}} S^{y_{pz}} K_{pz}; H \quad (3.1)$$

де:  $K_{pz}=1$  – сумарний поправочний коефіцієнт;  
 $x_{pz}=0.15$  – показник степені при глибині різання;  
 $y_{pz}$  – показник степені при подачі.

$$P_z = 9,81 \times 350 \times 5^{0.15} \times 0.5^{0.45} \times 1 = 3200 \text{ Н}$$

2. Ширина і висота перетину державки  $h=20$  мм,  $b=20$  мм.  
 3. Перевіряємо міцність і жорсткість державки різця:

а) максимальне навантаження, допустима міцність різця:

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{3fEJ}{l^3} = \frac{3 \times 0,1 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^{11} \times 3,25 \times 10^{-8}}{(65 \times 10^{-3})^3} = 7100 \text{ Н} \quad (3.2)$$

б) максимальне навантаження, допустима жорсткість різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{bh^2 \sigma_{\text{и.д}}}{6l} = \frac{20 \times 10^{-3} \times (20 \times 10^{-3})^2 \times 200 \times 10^6}{6 \times 65 \times 10^{-3}} = 4100 \text{ Н} \quad (3.3)$$

де:  $f=1$  мм – допустима стріла прогину при чорновому точінні;  
 $E=2 \cdot 10^{11}$  Па – модуль пружності матеріалу державки;  
 $J$  – момент інерції прямокутного перетину державки:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{20 \times 20^3}{12} = 13333 \text{ мм}^4 \quad (3.4)$$

Перевірка різця на міцність і жорсткість:

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

$$4000 > 3200 < 7100$$

Умова виконана. Різець володіє достатньою міцністю і жорсткістю.

### 3.4 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

Враховуючи параметри поверхонь посадочних місць верстата під різальний інструмент та параметри поверхонь посадочних місць різальних інструментів, ми призначаємо типи допоміжних інструментів відповідно до міжнародних стандартів для кожного обраного різального інструменту. Ці дані будуть занесені до таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Вибір типу допоміжного інструменту

№ з/п поверхні	Металорі зальний верстат (тип, модель)	Тип ріжучого інструменту, (Шифр Інструменту)	Параметри посадочного місця ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту) за міжнародними стандартами
1	2	3	4	5
1	HAAS ST-10	DCLNR2020X12J ETI	H=20 B=20	Різцетримач – ASHA-R-VDI30-20-JETI 4

## Продовження таблиці –3.4

1	2	3	4	5
2	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
3	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
4	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
5	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
6	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
7	HAAS ST-10  BM25	A20R-PCLNR09  2405-1052	DMM= 20	Тримач для розточних різців, тип: SBHA 20 20 У патроні верстата
8	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
9	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
10	HAAS ST-10  WOTAN S3U	DCLNR2020X12JETI  1A1	H=20 B=20  ØH=5	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4  Насаджен на шпindelь верстата
11	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
12	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
13	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
14	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
15	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	H=20 B=20	Різетримач– ASHA-R-VDI30- 20-JETI 4
16	HAAS ST-10	QC16-CFOL- 1902RBJET		N2020F-QC16



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

Інструментальне налагодження - це комплекс різальних та допоміжних інструментів, які складаються згідно з конструкцією деталі та завданнями технологічної операції. Інструментальний комплекс формується від основного різального інструменту, через набір допоміжних інструментів до посадкових поверхонь металорізального верстата (шпинделя). При проектуванні налагодження враховуються тип виробництва, необхідна точність, продуктивність та зручність обслуговування інструментального комплексу.

З урахуванням параметрів оброблюваної поверхні, способу базування деталі, типу верстату й основних розмірів прийнятого стандартного ріжучого інструмента, обираємо допоміжний інструмент із вказаними на нього конструктивними параметрами.

Розробляємо інструментальне налагодження на токарну операцію. Операції проводимо на верстаті Doosan Lunx220 серії А.

Інструментальний комплекс складається за даними таблиць 3.1, 3.2, 3.3 відповідно до технологічної операції. Дані занесено в таблицю 3.5.

Для обробки поверхонь 1-16 використовуємо різцетримач:

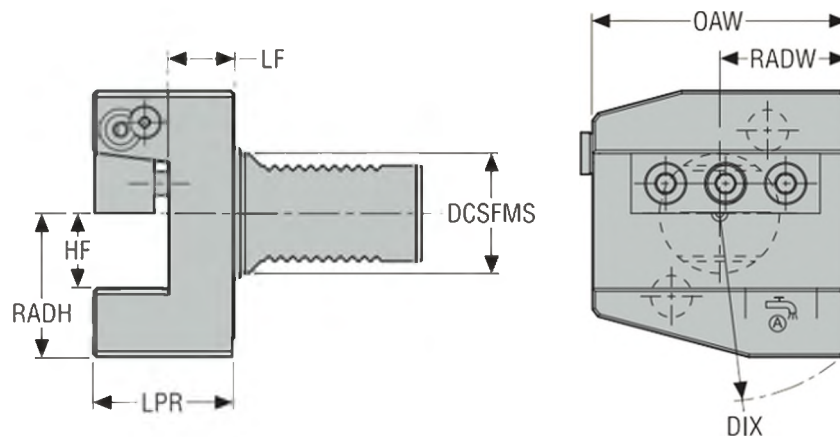


Рисунок 3.11 – Різцетримач ASHA-R-VDI30-20-JETI 4 (с.407)

Геометричні параметри – HF=20мм; LPR=42мм; LF=22 мм; DCSFMS=30мм; RADW=35мм.

Для обробки поверхні 7 використовуємо тримач розточних різців:

					КНУ.КБР.131.24.1-16.03.ВРД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

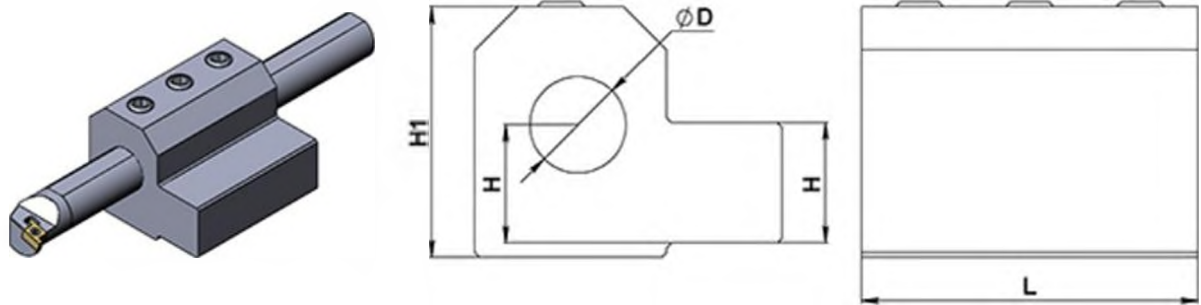


Рисунок 3.12 – різцетримач SBHA 20 20

Геометричні параметри –  $D=20\text{мм}$ ;  $H=20\text{мм}$ ;  $H1=40\text{мм}$ ;  $L=80\text{мм}$ .

Для обробки поверхні 16 використовуємо різцетримач:

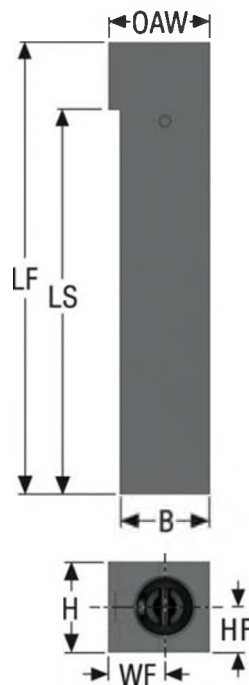


Рисунок 3.13 – N2020F-QC16

Геометричні параметри –  $B=20\text{мм}$ ;  $H=20\text{мм}$ ;  $HF=5\text{мм}$ ;  $LF=80\text{мм}$ ;  $LS=68\text{мм}$ ;  $OAW=22\text{мм}$ ;  $WF=10\text{мм}$ .

Таблиця 3.5 – Структура інструментального комплексу чи системи

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.03.ВРД</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

№ з/п пове рхні	Найменування операції	Металорізал бний верстат (тип, модель)	Ріжучий інструмент (шифр інструменту)	Допоміжний інструмент (Шифр інструменту)
1	2	3	4	5
1	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
2	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
3	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
4	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA- ТокарнаR- VDI30-20- JETI 4
5	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
6	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
7	Токарна	HAAS ST-10	A20R-PCLNR09	Тримач для розточних різців, тип: SBHA 20 20
8	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
9	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
10	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI DCLCR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
11	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
12	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4

Продовження таблиці –3.5

1	2	3	4	5
13	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
14	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
15	Токарна	HAAS ST-10	DCLNR2020X12JETI	Різцетримач– ASHA-R- VDI30-20- JETI 4
16	Токарна	HAAS ST-10	QC16-CFOL- 1902RBJET	Різцетримач N2020F- QC16 та ASHA-R- VDI30-20- JETI 4

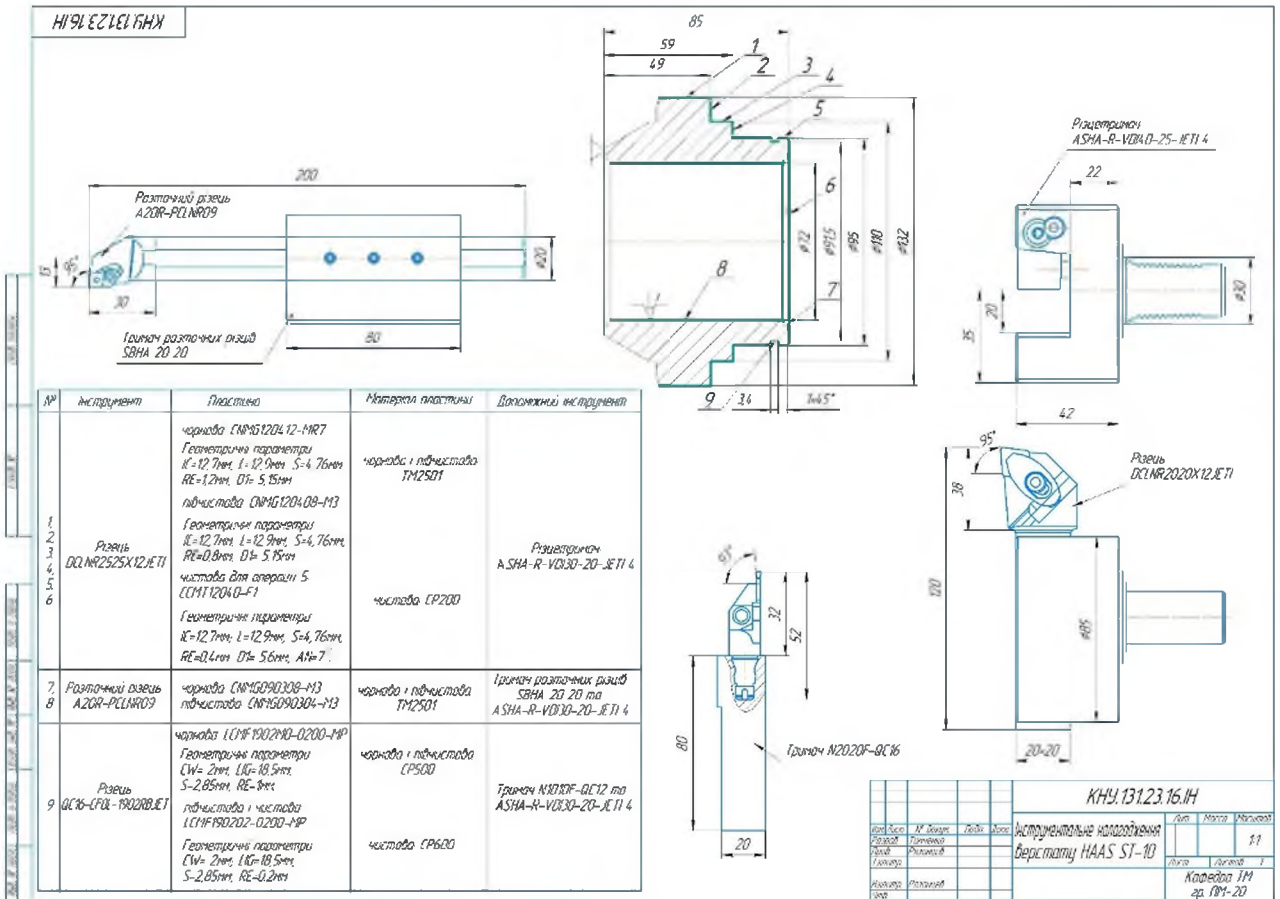


Рисунок 3.14 – Інструментальне налагодження

## 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 – черв'ячної фрези.

Вихідні данні:

$m$  – модуль  
 $m=3.5$  мм  
 $z$  – число зуб'їв  
 $z=36$   
 $W$  – довжина нормалі  
 $W=37.7$  мм  
 $d$  – ділительний діаметр  
 $d=126$  мм

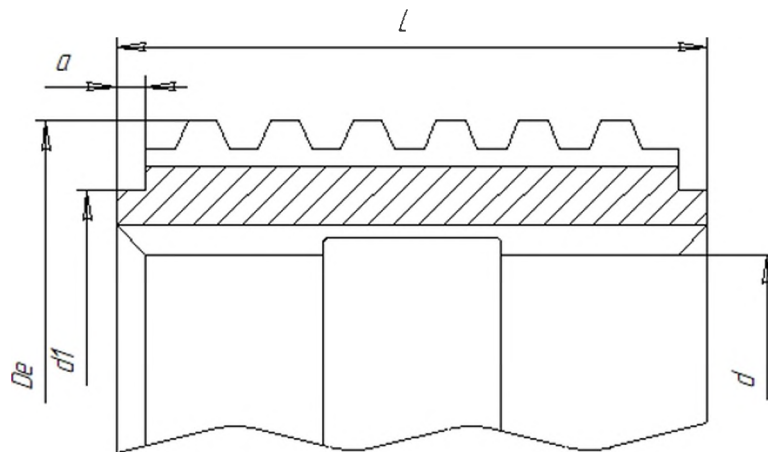


Рисунок 4.1 – Ескіз фрези

Згідно до стандартів приймаємо:

$D_e$  - зовнішній діаметр фрези  
 $D_e = 80$  мм;  
 $d$  - діаметр отвору під оправку  
 $d = 32$  мм;  
 $d_1$  - діаметр буртиків  
 $d_1 = 50$  мм;  
 $L$  - довжина фрези  
 $L = 96$  мм;  
 $a$  - ширина буртиків  
 $a = 5$  мм;  
 $Z$  - число зуб'їв фрези  
 $Z = 10$  мм;

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.04.ПІА</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>							
					<i>Проектування та інженерний аналіз різального інструменту</i>		

1) Крок профілю зуба в нормальному перетині має дорівнювати шагу нарізаємого колеса

$$t_N = \pi \times m \quad (4.1)$$

$$t_N = 3.14 \times 3.5 = 11 \text{ мм}$$

2) Товщина зуба в нормальному перетині для чистової фрези

$$S = t_N / 2 \quad (4.2)$$

$$S = 11 / 2 = 5.5 \text{ мм}$$

Для чорнової фрези

$$S_q = t_N / 2 - \Delta \quad (4.3)$$

де  $\Delta$  – припуск на чистову обробку

$$\Delta = 0.5 \text{ мм}$$

$$S_q = 11 / 2 - 0.5 = 5 \text{ мм}$$

3) Розраховуємо висоту зуб'їв

$$h_1 = 1.25 \times m \quad (4.4)$$

$$h_2 = 1.25 \times m \quad (4.5)$$

$$h = h_1 + h_2 = 2.5 \times m \quad (4.6)$$

де  $h_1$  – висота ніжки зуба

$h_2$  – висота головки зуба

$$h = 2.5 \times 3.5 = 8.75 \text{ мм}$$

4) Довжина робочої частини фрези

$$L_p = L - 2 \times a \quad (4.7)$$

$$L_p = 96 - 2 \times 5 = 86 \text{ мм}$$

де  $a$  – ширина буртиків.

5) Розраховуємо величину затилування

$$K = (\pi \times D_e \times \text{tg} \alpha) / Z \quad (4.8)$$

де  $\alpha$  задній кут на вершині зуба

$$\alpha = 10^\circ \dots 12^\circ$$

$$K = (3.14 \times 80 \times \text{tg} 10^\circ) / 10 = 4.4$$

За стандартом приймаємо  $K = 5$

6) Розрахунковий діаметр ділильного циліндру

$$D_t = D_e - 2.5m - 0.25K \quad (4.9)$$

$$D_t = 80 - 2.5 \times 3.5 - 0.25 \times 5 = 72.5 \text{ мм.}$$



## 4.2 Інженерний аналіз спеціального різального інструменту

Інженерний аналіз спеціального різального інструменту виконано у програмному забезпеченні SOLIDWORKS згідно креслення деталі (рис.4.2)

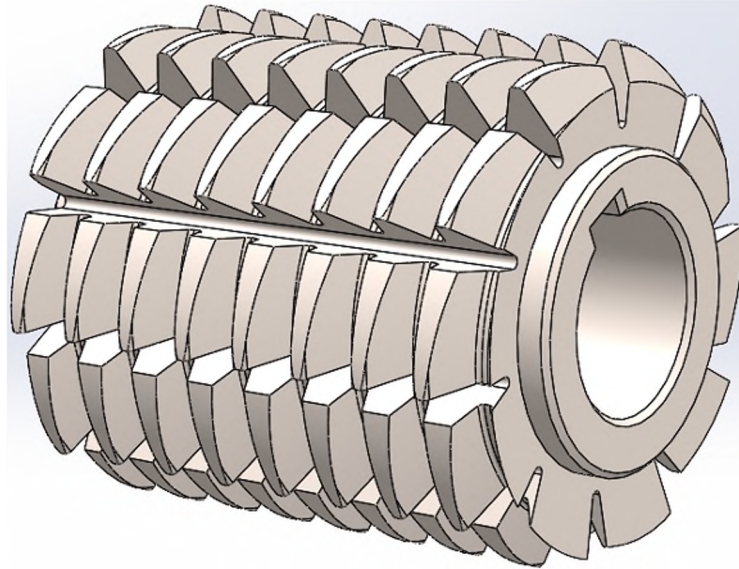


Рисунок 4.3 – 3Д модель черв'ячної фрези

Інструмент виготовлено із швидкоріжучої сталі P6M5, насаджено на оправку яка встановлена в шпинделі верстата.

Аналіз починається з вибору методу закріплення – закріплена геометрія та прикладанні крутного моменту – 100 Нм (рис4.4).

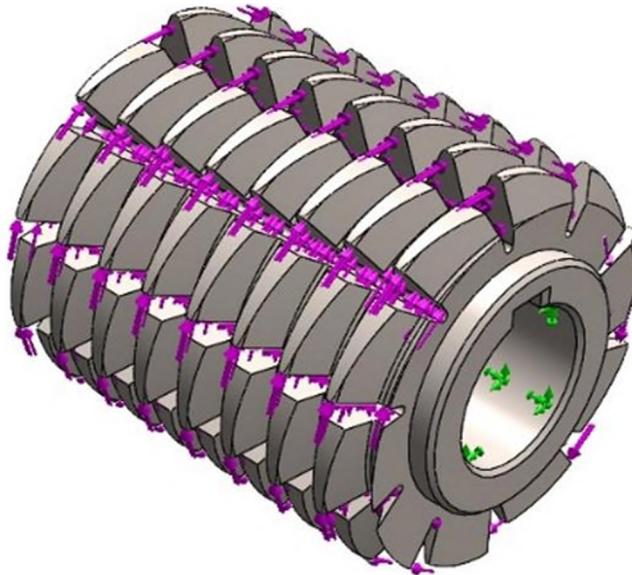


Рисунок 4.4 – Епюра прикладених сил

Потім було обрано стандартну сітку (рис4.5) з чотирма точками Джабобіана та розмірами елементів 5.4 мм.

					КНУ.КБР.131.24.1-16.04.ПІА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



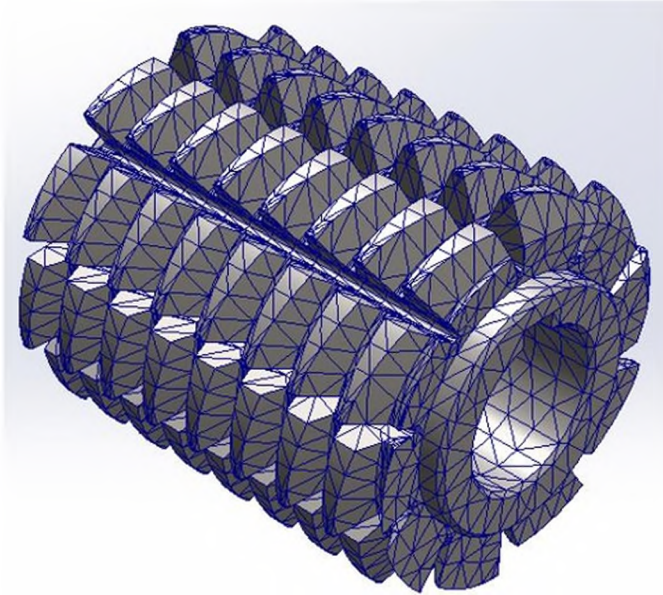


Рисунок 4.5 – Сітка

Зі статичного аналізу епюр (рис.4.6) напруження видно, що при наданні кутного моменту максимальне напруження становить 53.25 МПа, що далеко від межі текучості матеріалу 2120 МПа .

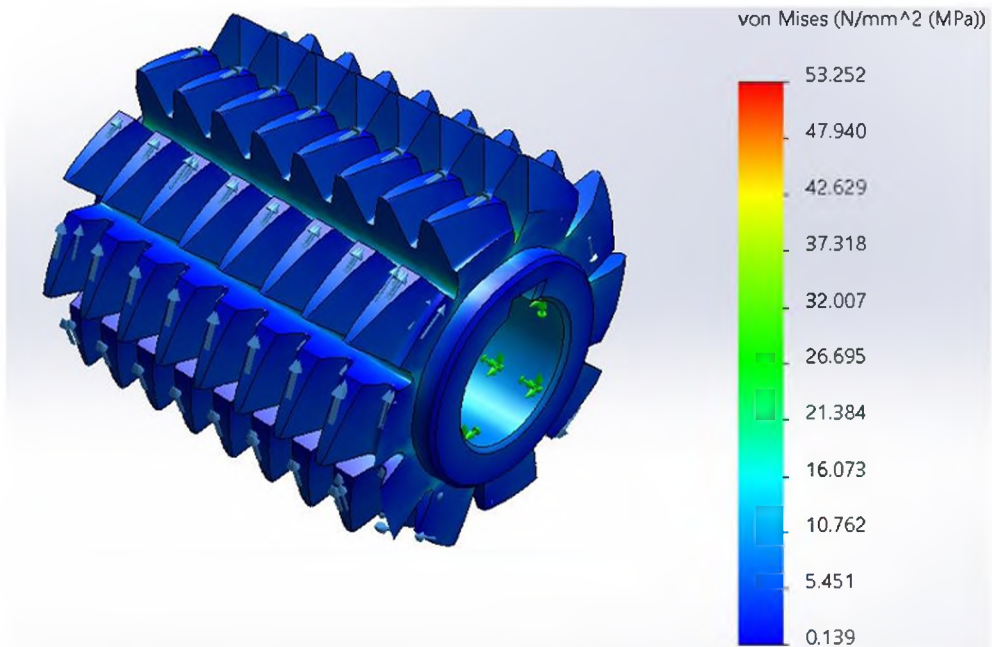


Рисунок 4.6 – Статичний аналіз епюр напруження

Максимальне зміщення як видно з (рис.4.7) становить 2,04 мкм, що є незначимим для деталі даного типу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.24.1-16.04.ПІА

Арк.

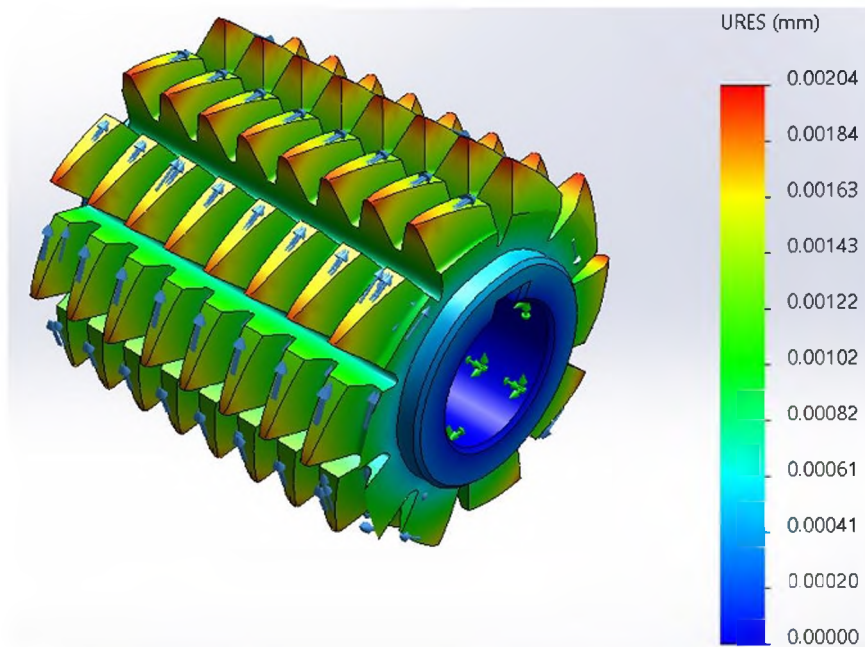


Рисунок 4.7 – Статичний аналіз епюр зміщення

Запас міцності (рис.4.8) становить 40, означає, що інструмент у 40 разів міцніший ніж необхідно для заданої обробки. Отже інструмент – фреза черв'ячна пройшов перевірку і легко здійснить обробку зубчастого вінця.

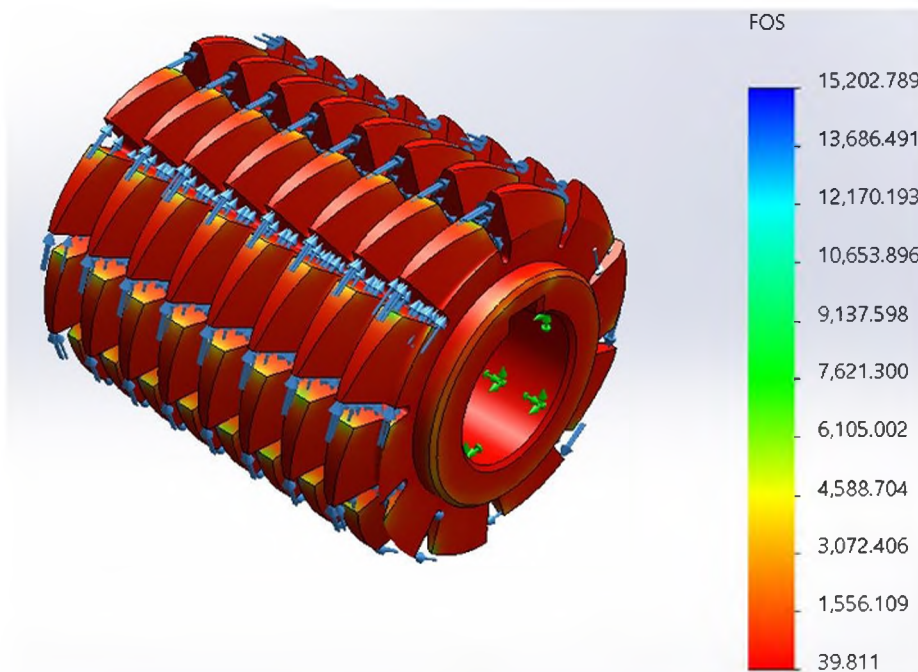


Рисунок 4.8 – Статичний аналіз епюр запасу міцності

					КНУ.КБР.131.24.1-16.04.ПІА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Робота з проміжними файлами, вибір системи ЧПК, постпроцесора  
Вибір системи ЧПУ Naas обумовлено кількома ключовими перевагами. Система ЧПУ Naas передбачає автоматизоване виконання рутинних операцій з мінімальною участю людини у виробничому процесі. Для роботи обладнання необхідно сформулювати завдання з параметрами обробки, перевести в формат коду з типовими командами для ЧПУ і завантажити в пристрій. Після виконання налаштувань оператору достатньо натиснути клавішу запуску. При необхідності оператор може викликати на дисплей довідкові розділи.

Рівень автоматизації дозволяє відмовитися від ручного введення даних завдяки функції визначення зміщення інструмента та завантаження параметрів у модуль зберігання даних, що дозволяє зберігати типові значення та застосовувати їх у серійному виробництві.

Обмін даними та коригування виконуються за допомогою бездротової системи відстеження стану техніки та параметрів обробки металу. Функції контролю та корекції розраховані на попереднє виявлення відхилень та помилок, внесення поправок у налаштування до початку роботи.

Оператор може завантажувати в пристрій креслення, не вдаючись до набору команд на дисплеї. З цією функцією пов'язана можливість багатопрхідної обробки в режимі 3D з різними варіантами позиціонування деталі та інструмента залежно від завдання. Процес може бути виконаний у вигляді комплексу послідовних команд та операцій з оптимізованим порядком переходу. Система ЧПУ Naas є чудовим вибором завдяки високому рівню автоматизації, точності, надійності та зручності у використанні, що дозволяє значно підвищити ефективність та якість виробництва.

Вибір постпроцесора FeatureCAM для автоматизації виробничих процесів обумовлений кількома ключовими перевагами. FeatureCAM забезпечує автоматичне генерування коду для верстатів з ЧПУ, що значно спрощує програмування і мінімізує ймовірність помилок. Система підтримує автоматичне визначення оптимальних траєкторій обробки, вибір інструментів та режимів різання, що підвищує ефективність та якість обробки. Постпроцесор дозволяє швидко адаптуватися до змін у виробничих вимогах та умовах, забезпечуючи гнучкість і високу швидкість налаштувань. FeatureCAM інтегрується з широким спектром верстатів та обладнання, що робить його універсальним інструментом для різних типів виробництва.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>зр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>							

Завдяки автоматичній генерації оптимізованого коду, система знижує час підготовки виробництва і підвищує продуктивність. Постпроцесор також підтримує багатопрхідну обробку і складні 3D-профілі, що дозволяє виконувати високоточні операції на складних деталях.

Система має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що полегшує роботу операторів і знижує вимоги до їх кваліфікації. FeatureCAM також надає можливість внесення змін та коригувань у процесі обробки, що забезпечує високу гнучкість та оперативність реакції на можливі відхилення або проблеми.

Вибір постпроцесора FeatureCAM обґрунтований його здатністю оптимізувати процеси, підвищити продуктивність, забезпечити високу якість обробки і гнучкість у налаштуваннях, що є критично важливим для сучасного виробництва.

### 5.2 Моделювання обробки та перевірка керуючих програм

Виконано моделювання обробки деталі на першому установі у програмному забезпеченні FeatureCAM.

На першому етапі було перенесено модель з SOLODWORKS до FeatureCAM та побудовано контур заготовки (рис5.1).

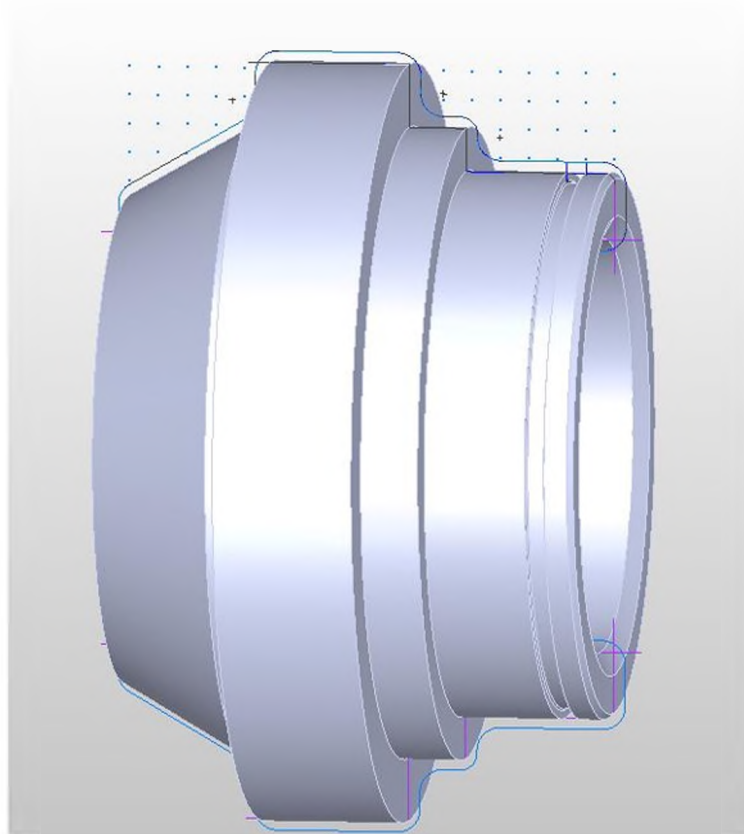


Рисунок 5.1 – Вигляд деталі у FeatureCAM

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На другому етапі роботи було обрано траєкторії руху інструментів та самі інструменти для виконання необхідної обробки.

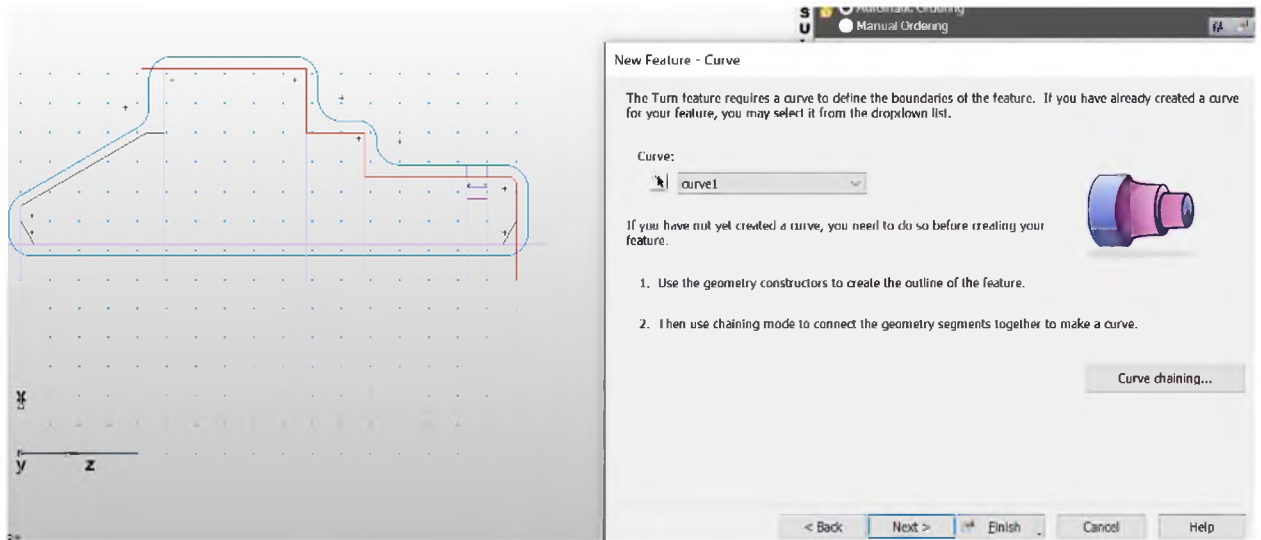


Рисунок 5.2 – Траєкторія обробки зовнішньої поверхні

#### Lathe - Turn Tool Properties

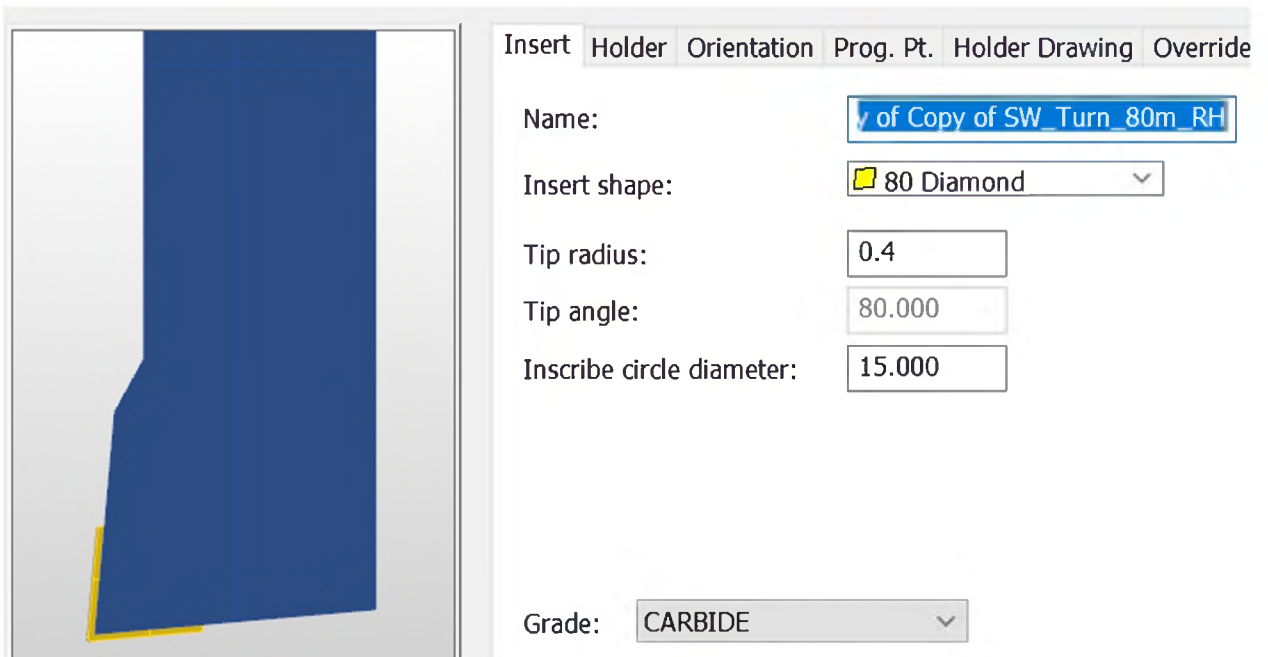


Рисунок 5.3 – Інструмент для обробки зовнішньої поверхні

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

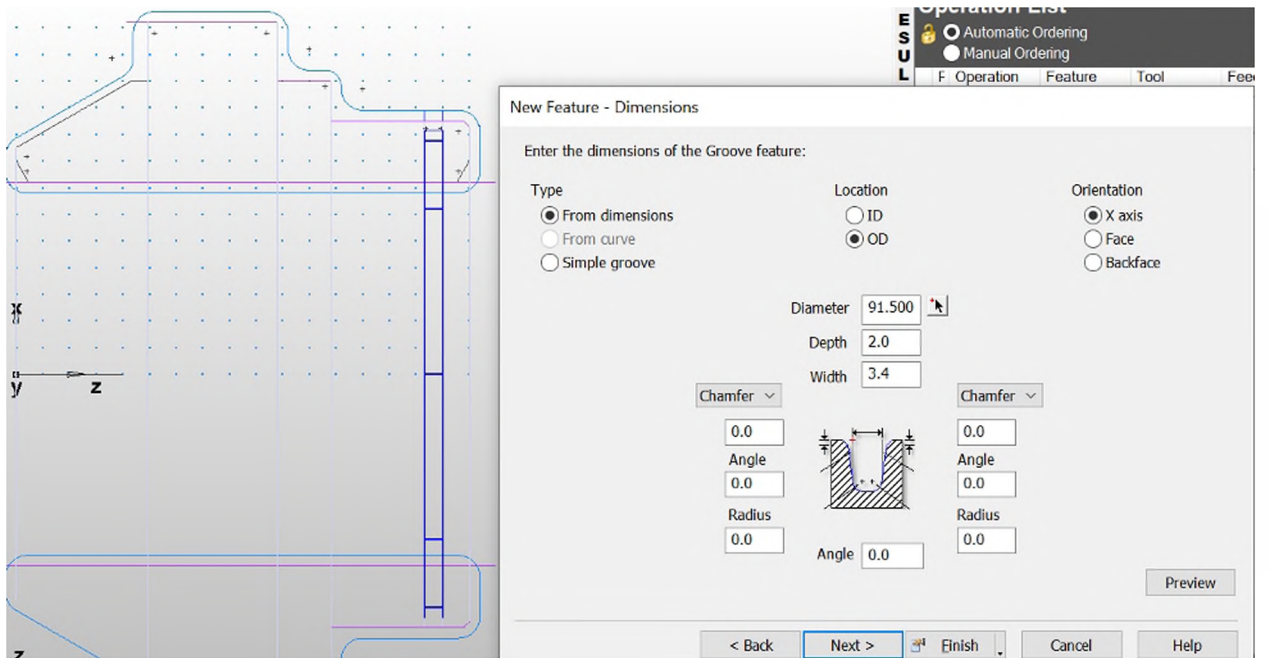


Рисунок 5.4 – Траекторія та параметри обробки канавки

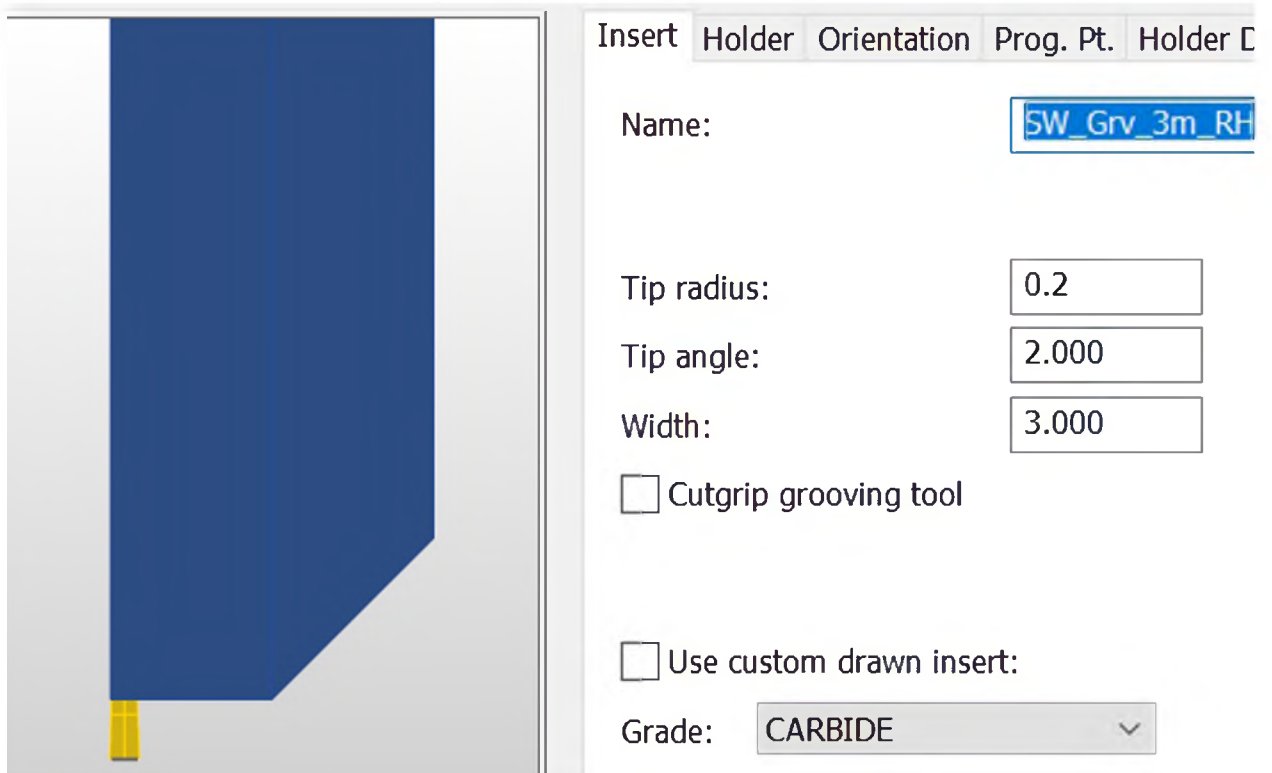


Рисунок 5.5 – Інструмент для обробки канавки

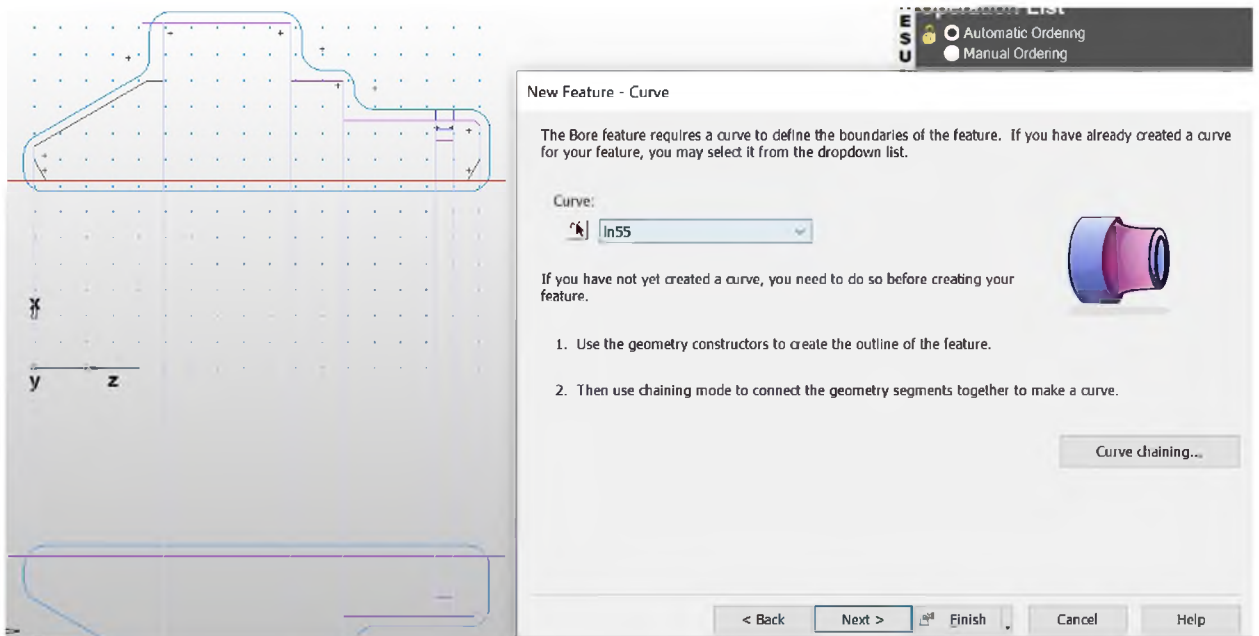


Рисунок 5.6 – Траекторія обробки отвору

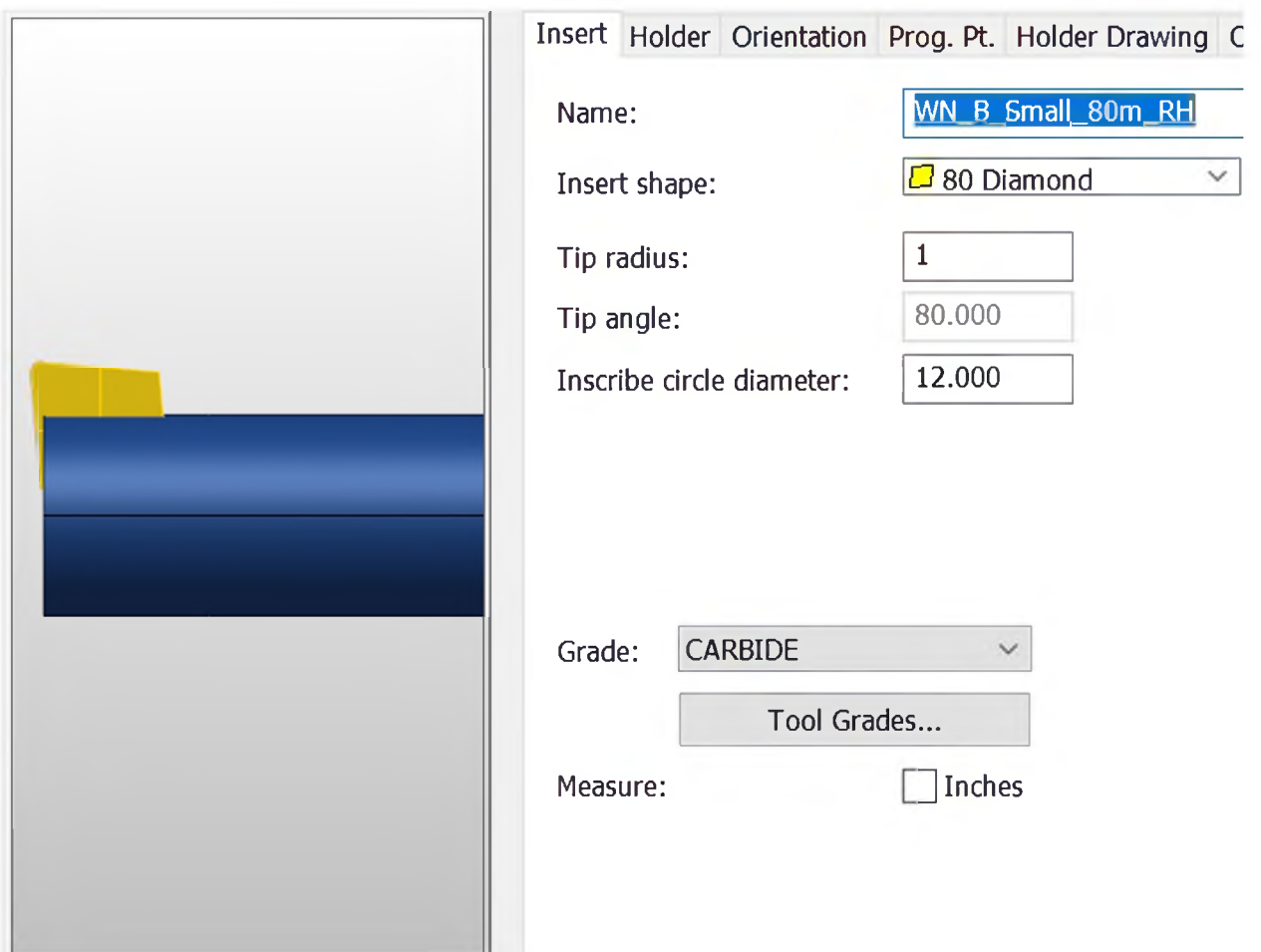


Рисунок 5.7 – Інструмент для обробки отвору

					КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На третьому етапі перевірено траєкторії переміщення інструменту.

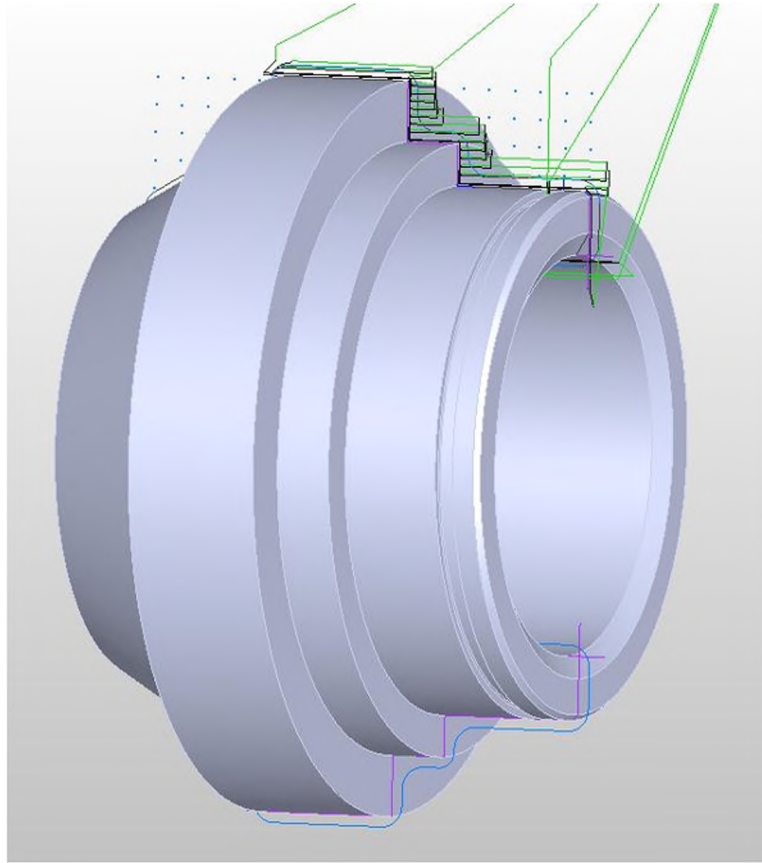


Рисунок 5.8 – Траєкторії переміщення інструменту

Потім була виконана симуляція обробки на верстаті:

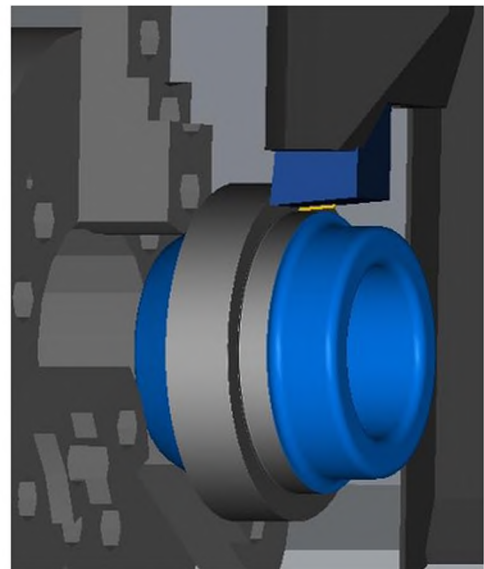
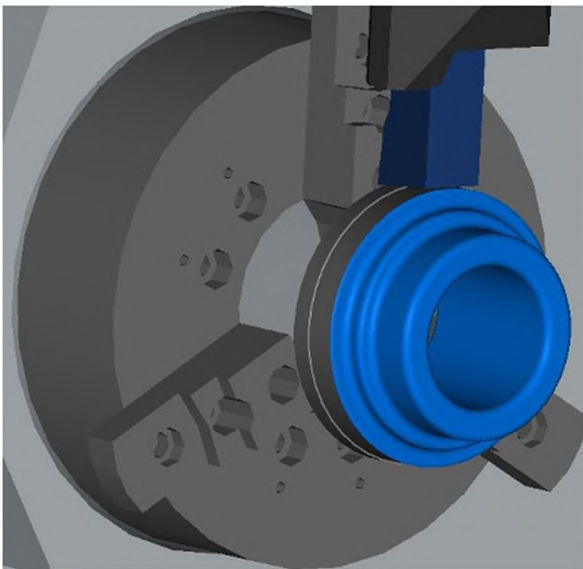


Рисунок 5.9 та 5.10 – Точіння зовнішньої поверхні

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



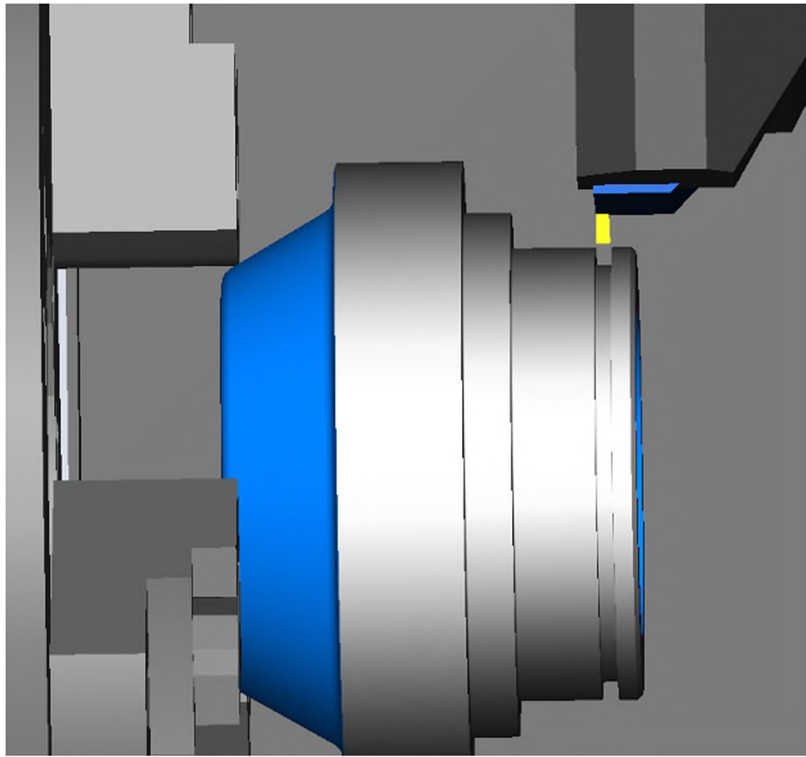


Рисунок 5.11 – Точіння канавки

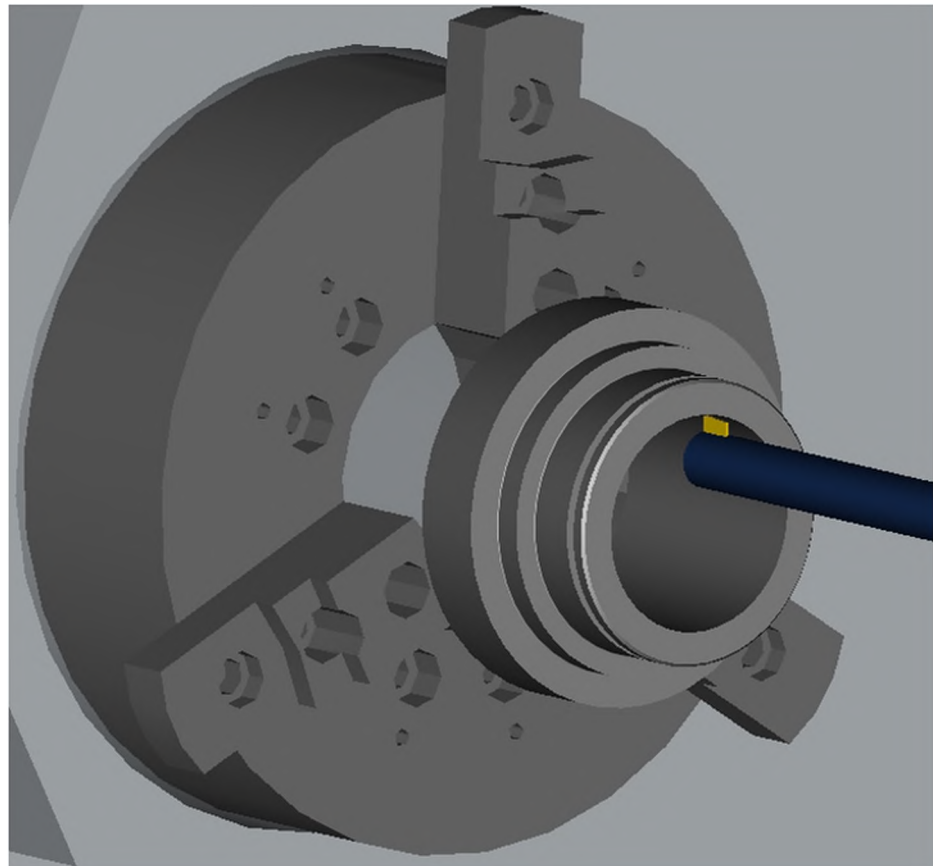


Рисунок 5.12 – Розточування отвору.

					КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після завершення симуляції обробки було автоматично отримано код керуючої програми (рис5.13)

```
N100 G00 G28 U0 W0
N110 T101
N120 M1
N130 G50 S4000
N140 G97 S404 M03
N150 M8
N160 1 G99 X134.1 Z52.588
N170 G96 S170
N180 G01 Z23.012 F0.381
N190 G02 X136.0 Z25.6 R4.0
N200 G01 X136.707 Z25.954
N210 G00 Z53.404
N220 G01 X132.2
N230 Z22.196
N240 G02 X134.1 Z23.012 R4.0
N250 G01 X134.807 Z23.366
N260 G00 Z53.934
N270 G01 X129.45
N280 Z49.1
N290 X131.2
N300 G03 X132.2 Z48.6 R0.5
N310 G01 X132.907 Z48.954
N320 G00 Z54.0
N330 G01 X126.7
N340 Z49.1
N350 X129.45
N360 X130.157 Z49.454
N370 G00 Z54.0
```

Рисунок 5.13 – Фрагмент коду керуючої програми

					КНУ.КБР.131.24.1-16.05.МПО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

### 6.1 Розрахунки ключових техніко-економічних показників

Проведемо розрахунок техніко – економічної собівартості обробки при впровадженні верстатів з числовим програмним керуванням замість універсальних верстатів, а саме замість чорнових та чистових токарних операцій використовуючи токарний верстат з ЧПК моделі HAAS ST-10. Вихідні дані та результати розрахунків наведено на рисунках 6.1, 6.2, 6.3, 6.4. Розрахунок виконано за допомогою програми Economical Linksmoon.

**Входные данные** ×

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

Трудоёмкость	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Годовой объём выпуска деталей, шт	500	500
Штучное время обработки детали, мин	400	262

Время настройки станка в течение года	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Количество запусков, шт	12	12
Время наладки станка, мин	90	30

Время настройки инструмента вне станка на протяжении года	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Среднее время настройки по прибору одного инструмента вне станка, мин	15	15
Среднее количество граней пластинки, шт	4	4
Средний период стойкости инструмента, мин	60	90

Количество станочников	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Количество станков, обслуживаемых одним рабочим	1	2

Дополнительное количество рабочих по обслуживанию станков с ЧПУ	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Эффективный годовой фонд времени работы станка	4055	3255
Коэффициент загрузки станка	0.45	0.85

Балансовая стоимость станка	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
Оптовая цена станка	400000	1200000

Масса станка, т	Базовый вариант	Станок с ЧПУ
	3.5	4

Рисунок 6.1 – Введення вхідних даних для розрахунку (1)

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.06.0ЕП</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>гр. ПМ-20</i>		
<i>Затверд.</i>							



Входные данные

Версия программы от 17.10.2005

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

**5683288 грн**

Срок окупаемости, лет

**2.65 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

Далее

Назад

Выход

Рисунок 6.4 – Результат розрахунку та строку окупності

З результатів, які представлені на рис. 6.4, бачимо, що строк окупності запропонованого варіанту вдосконалення технологічного процесу обробки деталі «Муфта» є коректним, оскільки він складає лише 2,65 роки.

## 6.2 Охорона праці та екологія виробництва

На підприємстві, де оброблюють металеві деталі на верстатах, охорона праці є невід'ємною складовою ефективного виробництва. Завдяки правильно організованим заходам з охорони праці знижується ризик травматизму серед працівників та покращується загальний рівень безпеки на робочому місці.

Перш за все, необхідно забезпечити належний рівень інструктажу для всіх працівників, які працюють з верстатами. Цей інструктаж повинен включати інформацію про правила безпеки, процедури експлуатації верстатів, а також про небезпеки, пов'язані з роботою на них. Кожен працівник повинен розуміти свої обов'язки з охорони праці і вміти використовувати засоби індивідуального захисту.

Далі, необхідно регулярно проводити технічний огляд та обслуговування верстатів, щоб уникнути їхньої аварійної поведінки. Це включає перевірку робочих деталей, систем безпеки, систем охолодження та змащення. Технічний персонал повинен мати достатній рівень кваліфікації для проведення таких оглядів та ремонтів.

Крім того, необхідно встановити ефективні системи вентиляції та відсмоктування для зменшення впливу шкідливих парів та пилу, що утворюються під час обробки металевих деталей. Це допомагає запобігти отруєнню працівників і покращує загальну якість повітря виробничих приміщень.

Не менш важливим є належне управління відходами, що утворюються в процесі обробки металевих деталей. Відходи, такі як окалина або стружка, можуть бути небезпечними для здоров'я та безпеки працівників, тому їх необхідно збирати та утилізувати відповідно до встановлених норм та вимог.

					<i>КНУКБР.131.24.1-16.06.0ЕП</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загалом, охорона праці на підприємстві, де оброблюють металеві деталі на верстатах, вимагає комплексного підходу, що включає в себе як технічні заходи з безпеки обладнання, так і організаційні заходи з навчання працівників та контролю за дотриманням правил безпеки. Тільки такий підхід може забезпечити безпечні умови праці на підприємстві.

Вплив виробництва на екологію та методи урегулювання

Металургійне виробництво, має значний вплив на навколишнє середовище. Процеси видобутку сировини, плавлення, лиття та обробки металів супроводжуються виділенням шкідливих викидів, утворенням відходів та споживанням великої кількості енергії, що може призвести до негативних екологічних наслідків.

Вплив на атмосферу. Металургійні підприємства є джерелом викидів парникових газів, таких як діоксид вуглецю ( $\text{CO}_2$ ), оксиди азоту ( $\text{NO}_x$ ), діоксид сірки ( $\text{SO}_2$ ), а також пилу та важких металів. Ці викиди можуть спричинити забруднення повітря, кислотні дощі, погіршення здоров'я населення та зміни клімату.

Вплив на водні ресурси. Виробничі процеси вимагають використання значної кількості води, що може призводити до виснаження водних ресурсів. Також існує ризик забруднення водойм через скидання відпрацьованих технологічних вод, що містять важкі метали, нафтопродукти та інші токсичні речовини.

Вплив на ґрунти. Відходи виробництва, такі як шлаки, золи та інші залишки, можуть забруднювати ґрунти. Це може призводити до деградації земель, зниження їх родючості та загроз здоров'ю людей та тварин через проникнення токсичних речовин у харчовий ланцюг.

Методи покращення екологічної ситуації

Зниження викидів. Одним з основних методів зниження шкідливих викидів є модернізація виробничих потужностей і впровадження новітніх технологій, що дозволяють зменшити кількість шкідливих речовин у викидах. Це може включати встановлення систем фільтрації і очищення газів, використання електростатичних осаджувачів, циклонів, скрубєрів і каталізаторів.

Енергоефективність. Підвищення енергоефективності виробничих процесів сприяє зменшенню споживання енергії та зниженню викидів парникових газів. Це може бути досягнуто шляхом впровадження енергозберігаючих технологій, модернізації обладнання, використання відновлюваних джерел енергії та вторинного використання відходів тепла.

Управління водними ресурсами. Рациональне використання води включає впровадження технологій замкнутого циклу водопостачання, що дозволяють повторно використовувати воду після її очищення. Також важливим є встановлення сучасних систем очищення стічних вод, які забезпечують видалення токсичних речовин перед їх скиданням у природні водойми.

					<i>КНУКБР.131.24.1-16.06.0ЕП</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Управління відходами. Зменшення обсягів відходів може бути досягнуто шляхом впровадження технологій їх переробки і повторного використання у виробничому процесі. Наприклад, шлаки можна використовувати у будівництві, золи – у виробництві цементу, а відпрацьовані масла – як паливо після відповідного очищення.

					КНУ.КБР.131.24.1-16.06.0ЕП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи був виконаний наступний обсяг роботи:

- проведено аналіз та визначено службове призначення автотриси АЧ2 та гідропередачі, де знаходиться задана деталь. Виконано розрахунок параметрів точності з'єднання з підшипником;

- визначено службове призначення деталі. Обрано матеріал та варіантів замін. Було проведено аналіз якості поверхонь деталі, аналіз технологічності конструкції деталі та технічний контроль робочого креслення. Спроектовано технологічний процес обробки деталі та обрано обладнання;

- обрано тип інструментів з обробки поверхонь деталі та параметри різальної частини інструментів. Розраховано на міцність конструктивні параметри різального інструменту. Обрано типорозмір допоміжних інструментів. Проведено компоновку інструментального комплексу та розробку інструментального налагодження на технологічну операцію деталі.

- розраховано та спроектовано спеціальний різальний інструмент та проведено інженерний аналіз спеціального різального інструменту у програмному забезпеченні SOLIDWORKS;

- проведено моделювання обробки та перевірку керуючих програм у програмному забезпеченні FeatureCAM;

- проведено розрахунки ключових техніко-економічних показників, де визначено, що строк окупності запропонованого варіанту вдосконалення технологічного процесу обробки деталі «Муфта» є доцільним, оскільки він складає лише 2,65 роки. Встановлено принципи управління охороною праці на підприємстві. Визначено вплив виробництва на екологію та запропоновані методи урегулювання;

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.ВІС</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Висновки</i>		
<i>Затверд.</i>					<i>зр. ПМ-20</i>		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Токарна обробка: каталог ріжучого інструменту. SECO, 2020. – 808с.
2. Допоміжний інструмент: каталог ріжучого інструменту. SECO, 2020. – 366с.
3. Довідник технолога-машинобудівника. / За ред. Косилової О.Г. та Мещерякова Р.К. - М.: Машинобудування, - Т.1, Т.2. 2003.
4. Довідковий посібник по курсу «Взаємозамінність, стандартизація та технічні виміри» для студентів технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / по матеріалах довідника «Допуски и посадки» в 2-х частинах авторів В.Д.Мягкова, М.А.Палей, А.Б.Романова, В.А.Брагинского, 1982 р. випуску – Кривий Ріг: Криворізький національний університет, 2021. – 118 с.
5. Єдина система конструкторської документації. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. [Електронний ресурс]: Web-сайт. – Режим доступу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Єдина система конструкторської документації](https://uk.wikipedia.org/wiki/Єдина_система_конструкторської_документації) – Назва з екрану.
6. АЧ2. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії. [Електронний ресурс]: Web-сайт. – Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/АЧ2> – Назва з екрану.
7. Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов, Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.
8. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. П О С Т А Н О В А N 42 від 01.12.99 м. Київ: Web-сайт. – Режим доступу: [https://dnaop.com/html/34094/doc%D0%94%D0%A1%D0%9D\\_3.3.6.042-99](https://dnaop.com/html/34094/doc%D0%94%D0%A1%D0%9D_3.3.6.042-99) – Назва з екрану.

					<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.СВД</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Тимченко</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Рязанцев</i>				1	
<i>Н. Контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Список використаних джерел</i>		
<i>Затверд.</i>					<i>зр. ПМ-20</i>		

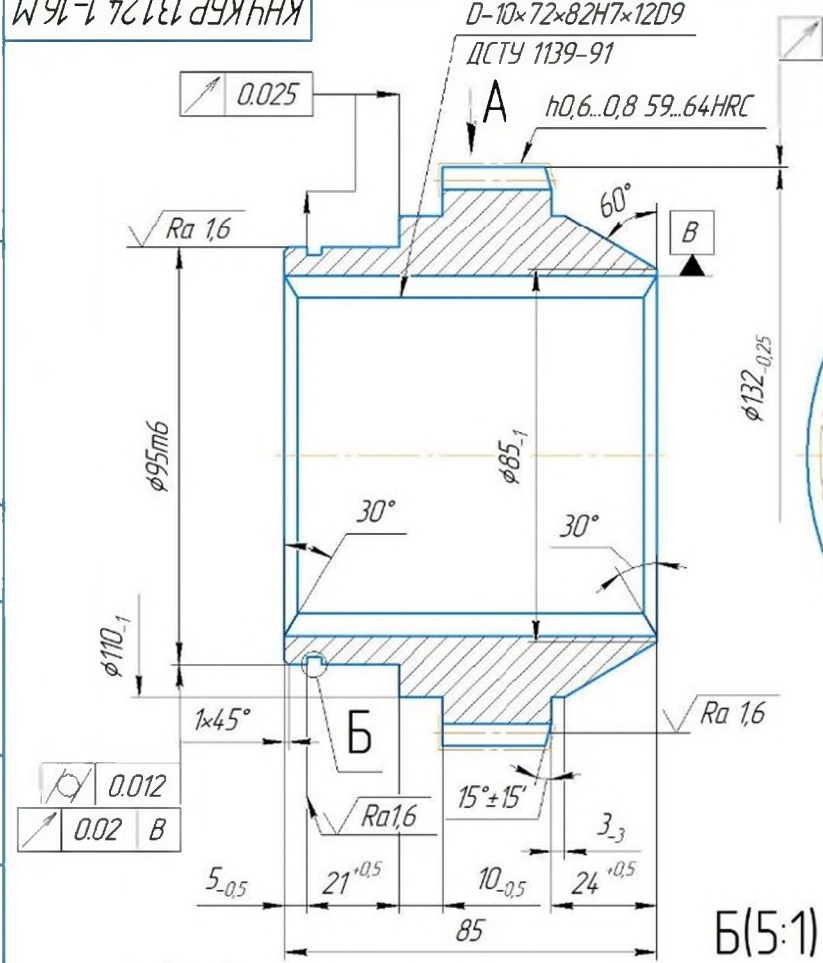
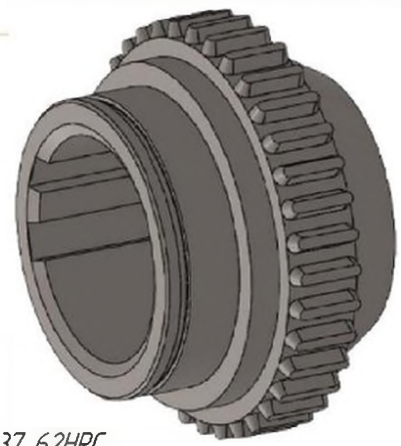
КНУ.КБР.131.24.1-16.M

D-10x72x82H7x12D9  
ДСТУ 1139-91

h0,6...0,8 59...64HRC

✓ Ra 6,3 (✓)

Модуль	m	3,5
Число зуб'ів	z	36
Нормальний вихідний контур	-	ДСТУ13755-68
Коефіцієнт зміщення	x	-0,1
Ступінь точності	-	8-A ДСТУ1643-81
Довжина общої нормалі	W	37,689 <sup>+0,059</sup> <sub>-0,200</sub>
Ділильний діаметр	d	126



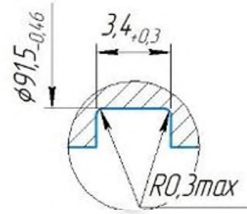
0.02 B

0.025

0.012  
0.02 B

Б(5:1)

A(2:1)



1. Твердість серцевини зуб'ів 37...62HRC.
2. Торці зуб'ів скруглити во висоті зуба.
3. Невказані граничні відхилення валів по h14, отворів H14, інші ± 2<sup>IT14</sup>

КНУ.КБР.131.24.1-16.M

				КНУ.КБР.131.24.1-16.M		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Муфта	Лист	Масштаб
Разраб.	Тимченко				2.7	Масштаб
Проб.	Рязанцев				Лист	Листов 1
Т.контр.						
Н.контр.	Рязанцев			12ХНЗА ДСТУ7806:2015		Кафедра ТМ
Утв.	Нечас					гр. ПМ-20

Перв. примеч.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № докум.

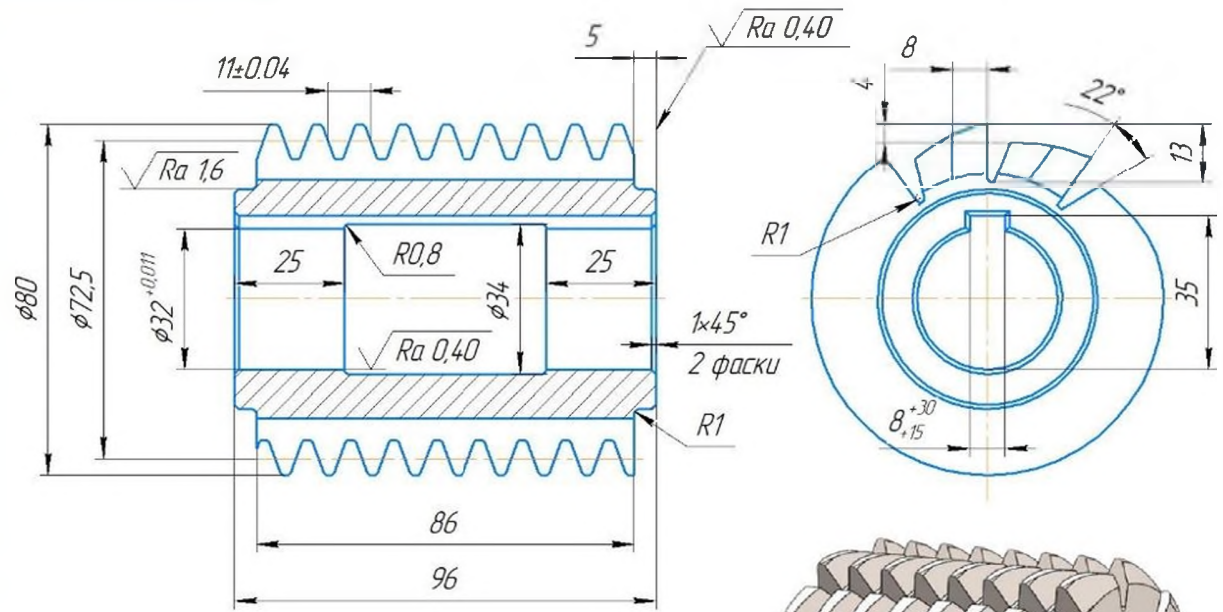
Взам. инв. №

Подп. и дата

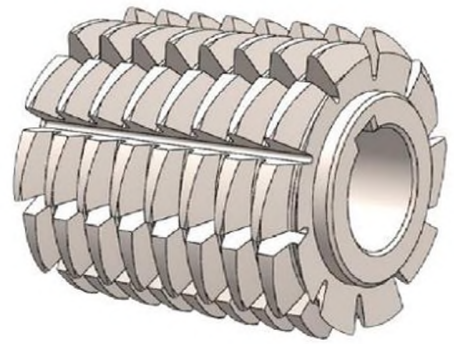
Инд. № подл.

КНУ.КБР.13124.1-16.ФЧ

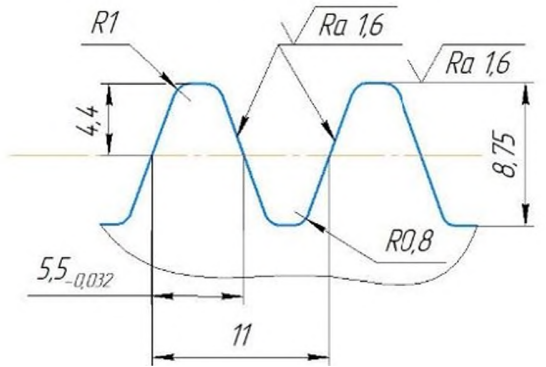
✓ Ra 3,2 (✓)



Модуль	<i>m</i>	3,5
Напряв зубу		правий
Кут під'яому нарізки	<i>t</i>	2,8°
Число заходів фрези		1
Число стружкових канавок	<i>Z<sub>o</sub></i>	10
Напряв стружкових канавок		лівий
Кут нахилу стружкових канавок	<i>w</i>	2,8°
Ділильний діаметр	<i>Df</i>	72,5
Клас точності		A



Профіль зуб'їв в нормальному перерізі A(4:1)



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

				КНУ.КБР.13124.1-16.ФЧ		
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Фреза черв'ячна	Лист	Масштаб
Разраб.	Тимченко				11	
Проб.	Рязанцев					
Т.контр.						
И.контр.	Рязанцев					
Утв.	Нечасов					
				Сталь Р6М5	Кафедра ТМ гр. ПМ-20	

Перед. примеч.

Станд. №

Подп. и дата

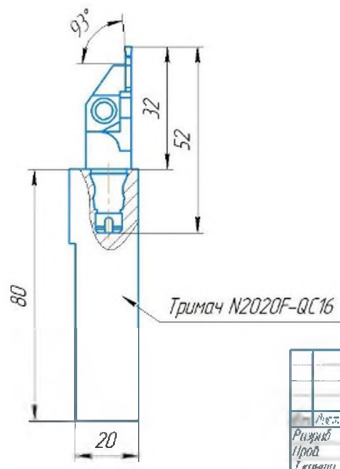
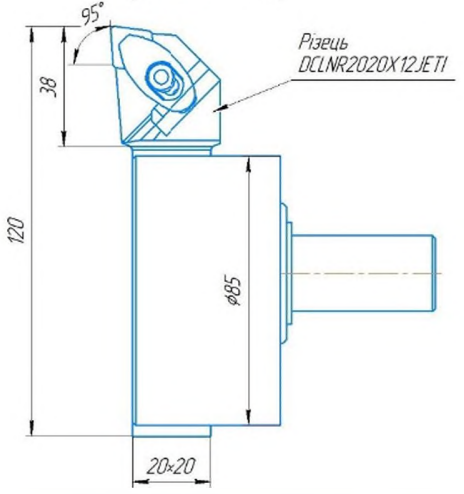
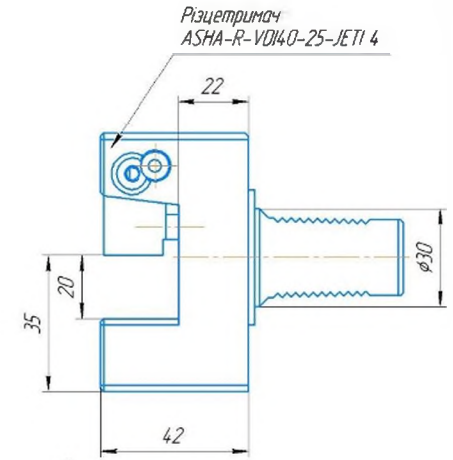
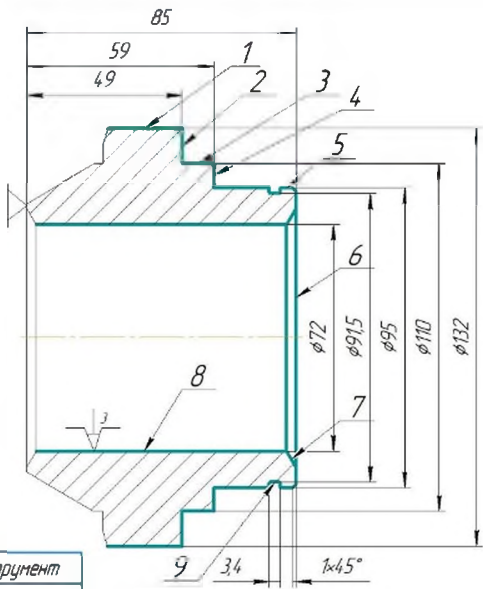
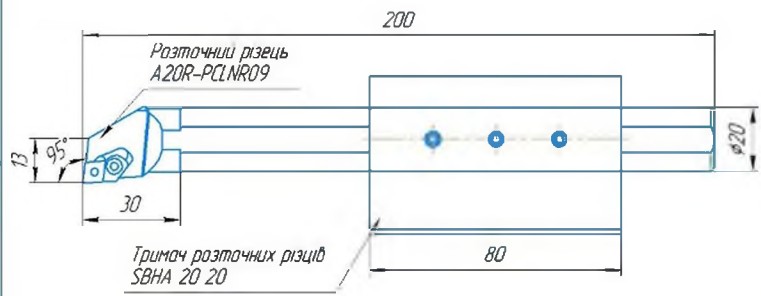
Изм. инв. №

Инд. № докум.

Подп. и дата

Инд. № подл.

КНУ.КБР.131.24.1-16.1Н



№	Інструмент	Пластина	Матеріал пластини	Допоміжний інструмент
1 2 3 4 5 6	Різець DCLNR2525X12JET1	чорнова CNMG120412-MR7 Геометричні параметри IC=12,7мм, L=12,9мм, S=4,76мм, RE=1,2мм, D1= 5,15мм підчистова CNMG120408-M3 Геометричні параметри IC=12,7мм, L=12,9мм, S=4,76мм, RE=0,8мм, D1= 5,15мм чистова для операції 5: CCMT12040-F1 Геометричні параметри IC=12,7мм, L=12,9мм, S=4,76мм, RE=0,4мм, D1= 5,6мм, AN=7°	чорнова і підчистова TM2501          чистова CP200	Різецьтримач ASHA-R-VD130-20-JET1 4
7 8	Розточний різець AZOR-PCLNRO9	чорнова CNMG090308-M3 підчистова CNMG090304-M3	чорнова і підчистова TM2501	Тримач розточних різців SBHA 20 20 та ASHA-R-VD130-20-JET1 4
9	Різець QC16-CFOL-1902RBJET	чорнова LCMF1902110-0200-MP Геометричні параметри: CW= 2мм, LIG=18,5мм, S=2,85мм, RE=1мм. підчистова і чистова LCMF190202-0200-MP Геометричні параметри CW= 2мм, LIG=18,5мм, S=2,85мм, RE=0,2мм.	чорнова і підчистова CP500          чистова CP600	Тримач розточних різців SBHA 20 20 та ASHA-R-VD130-20-JET1 4          Тримач N2020F-QC16

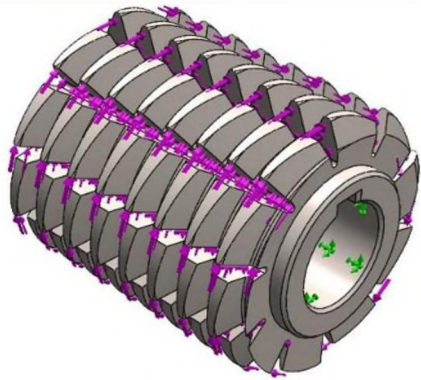
КНУ.КБР.131.24.1-16.1Н				Інструментальне налагодження верстату HAAS ST-10		
№	Діаметр	Висота	Вантаж	Лист	Масштаб	Масштаб
11						
				Кафедра ТМ гр. ПМ-20		

Лист 1 з 1  
Лист 2 з 2  
Лист 3 з 3  
Лист 4 з 4  
Лист 5 з 5  
Лист 6 з 6  
Лист 7 з 7  
Лист 8 з 8  
Лист 9 з 9

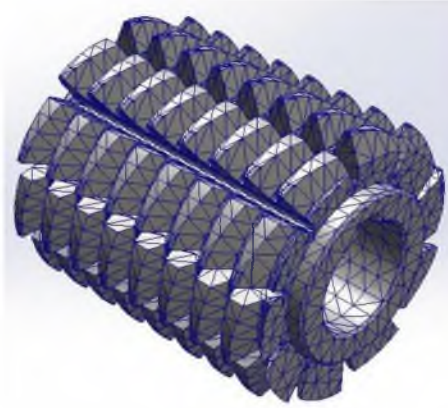
КНУ.КБР.131.24.1-16.ІАСРІ

Проект. примен.

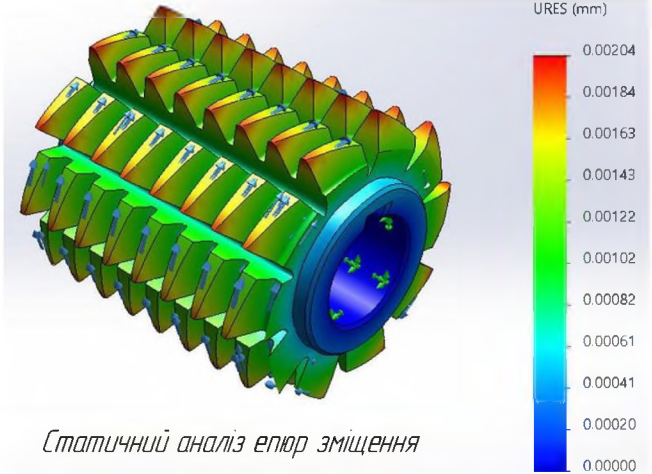
Стр. №



Етюра прикладених сил



Сітка



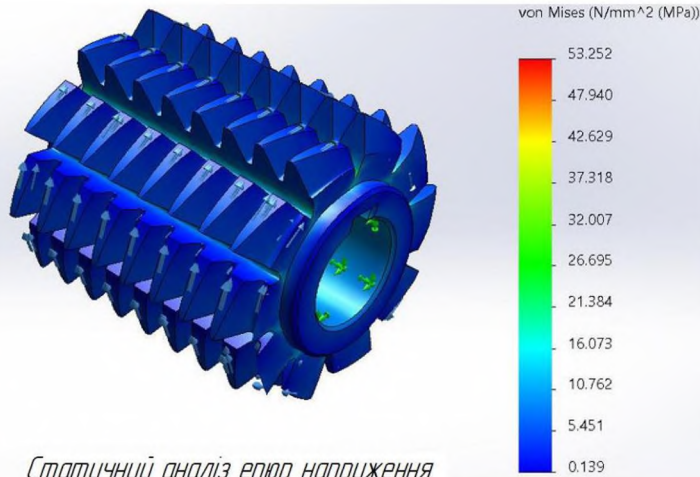
Статичний аналіз етюр зміщення

Подп. и дата

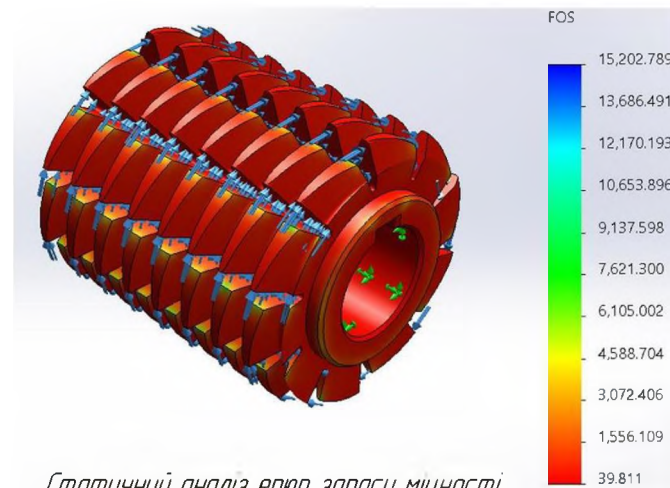
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Статичний аналіз етюр напруження



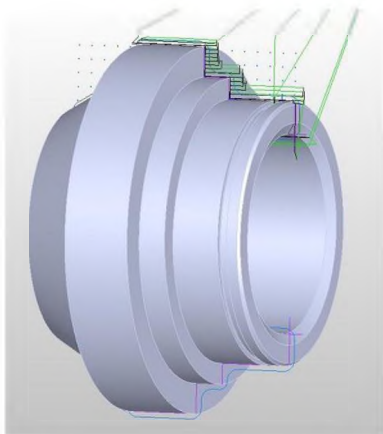
Статичний аналіз етюр запасу міцності

				<b>КНУ.КБР.131.24.1-16.ІАСРІ</b>			
Изм./Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Инженерный анализ специального	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Тимченко			ризального инструмента			1:1
Проб.	Рязанцев				Лист	Листов	1
Т.контр.					Кафедра ТМ гр. ПМ-20		
И.контр.	Рязанцев						
Утв.	Нечаев						

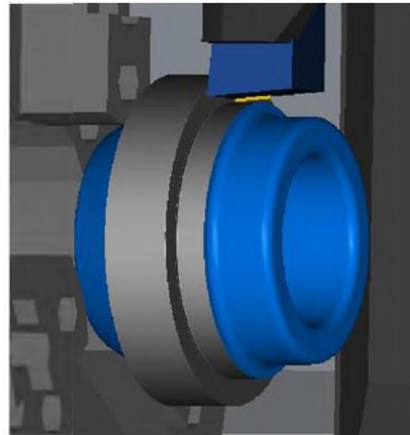
КНУ.КБР.131.24.1-16.МПМО

Перв. примеч.

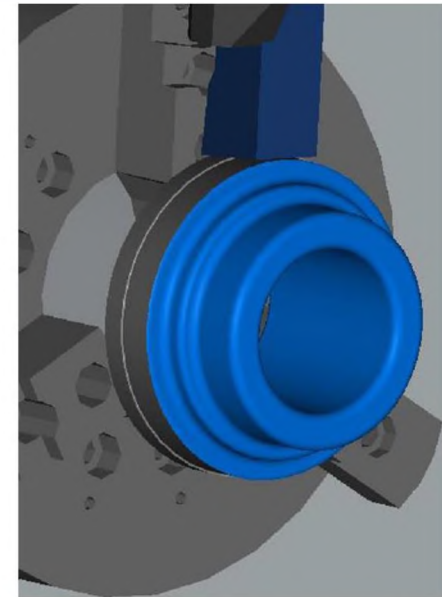
Справ. №



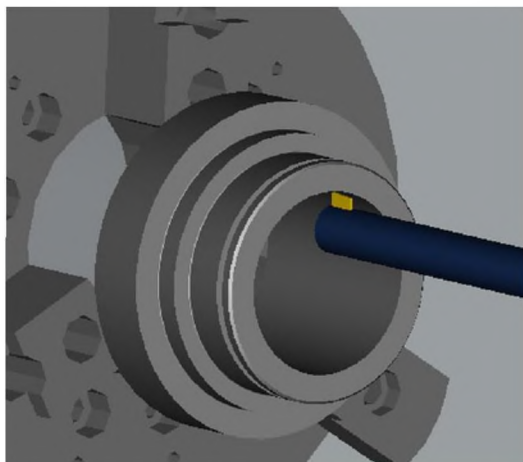
Траекторії переміщення інструменту



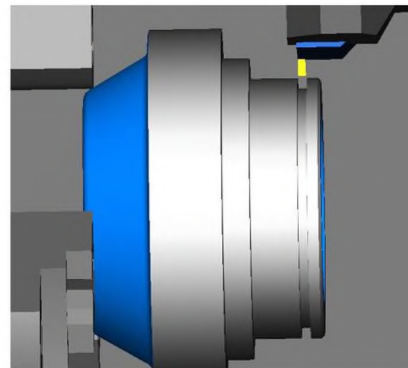
Точіння зовнішньої поверхні



Точіння зовнішньої поверхні



Розточування отвору



Точіння канавки

Лист і дата

Лист і дата

Взам. шиф. №

Лист і дата

Лист і дата

Лист і дата

Лист і дата

Лист і дата

				<i>КНУ.КБР.131.24.1-16.МПМО</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лит.</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Тимченко</i>					<i>1:1</i>
<i>Пров.</i>		<i>Рязанцев</i>					
<i>Т.контр.</i>					<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Кафедра ТМ</i>		
<i>Утв.</i>		<i>Нечасб</i>			<i>гр. ПМ-20</i>		