

Міністерство освіти і науки України
Державний університет «Житомирська політехніка»
Кафедра механічної інженерії

«На правах рукопису»
УДК 621.9

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
механічної інженерії


(підпис)

Мельник О.Л.
(прізвище, ініціали)

**БАКАЛАВРСЬКА
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Високотехнологічний
комп'ютерний інжиніринг»)

на тему: **Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення вал-
шестерні роздавальної коробки автомобіля BMW X5**

МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ

Студент групи ПМ-142 Пілецький Максим Олександрович
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Керівник д.т.н., проф. каф. МІ, Немировський Яків Борисович
(науковий ступінь та вчене звання, прізвище, ініціали) (підпис)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
Кафедра механічної інженерії
Освітній ступінь: «Бакалавр»
Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Завідувач кафедри
механічної інженерії



(підпис)

Мельник О.Л.

(прізвище, ініціали)

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТА

Пілецькому Максиму Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення вал-шестерні роздавальної коробки автомобіля BMW X5».

Керівник роботи: д.т.н., проф. каф. МІ, Немировський Яків Борисович

Затверджена наказом по університету від «20» 03 2025 р. № 102/с.

2. Строк подання студентом роботи: 21 червня 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: стандарти, науково-технічна література по технології виготовлення валів, експлуатаційні умови роботи деталі у вузлі, довідники з технології машинобудування, інформаційні матеріали по САПР, тощо.

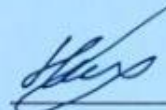
4. Перелік завдань, які потрібно вирішити: аналітично дослідити технічні характеристики та досвід експлуатації валу-шестерні з роздавальної коробки автомобіля BMW X5, вимоги до геометричної точності, шорсткості та матеріалів; виконати аналітичний огляд потенційних варіантів технології виготовлення валу-шестерні; побудовано тривимірною вузла роздавальна коробка САД-системі та оформити робоче креслення деталі; проаналізувати літературні джерела на предмет, які можуть бути застосовані для ремонту валу;

провести порівняльний аналіз методів отримання заготовок, та прийняти найбільш доцільний для середньосерійного виробництва; розробити технологічний маршрут токарної обробки деталі з підбором технологічного обладнання, різальних та допоміжних інструментів, а також розрахунком припусків під переходи та режимів різання для найбільш відповідальних поверхонь; розробити технологію виготовлення деталі вал-шестерня.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Загальний вигляд роздавальної коробки – 2 арк. презентації; 2. Аналітичний огляд можливих напрямки ремонту вал-шестерні - 4 арк. презентації; 3. Зовнішній вигляд 3D-моделей - 1 арк. презентації; 4. Креслення 2D - арк. А3 – 1 арк. презентації; 5. Аналіз технологічності конструкції - 1 арк. презентації; 6. Технологічний маршрут виготовлення деталі - 2 арк. презентації; 7. Симуляція деталі - 2 арк.

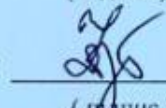
6. Дата видачі завдання 12 03 2025 року.

Студент


(підпис)

Пілецький М.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Немировський Я.Б.
(прізвище та ініціали)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

№ з/п	Назва етапів бакалаврської роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Виконання загально-технічного розділу	22.03.2025	
2.	Виконання технологічного розділу	2.04.2025	
3.	Виконання спеціального розділу	25.04.2025	
3.	Кінцеве оформлення змісту, висновків, графічної частини бакалаврської роботи	15.05.2025	
4.	Підготовка доповіді, ілюстративного матеріалу та презентації	27.05.2025	
5.	Перед захист кваліфікаційної роботи	30.05.2025	
6.	Подання бакалаврської роботи на кафедру	15.06.2025	
7.	Захист кваліфікаційної роботи в ЕК	згідно графіку захистів	

Студент

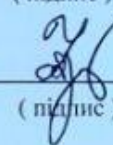


(підпис)

Пілецький М.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи



(підпис)

Немировський Я.Б.

(прізвище та ініціали)

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
			<u>Документація</u>			
A4			MI 13100.1/Б 102/с 012 00-ПЗ	Пояснювальна записка	79	
			<u>Конструкторська документація</u>			
A3			MI 13100.1/Б 102/с 018 01-КД	Вал під колесо	1	
A4			MI 13100.1/Б 102/с 018 02-КД	колесо	1	
			<u>Технологічна документація</u>			
A4			MI 13100.1/Б 102/с 018 03-НС	Керуюча програма операція 010	9	
A4			MI 13100.1/Б 102/с 018 04-НС	Керуюча програма операція 015	2	
A4			MI 13100.1/Б 102/с 018 05-НС	Керуюча програма операція 020	3	
			<u>Відомість бакалаврської кваліфікаційної роботи</u>			
Зм	Арх	№ док.	Підп.	Дата		
Розроб.	Пілецький М.О.				Лист	Лист
Перевір.	Немировський Я.Б.					
Н.контр.						
Затверд.	Мельник О.Л.					
					1	
					1	
					Державний університет «Житомирська політехніка» Група ПМ-14.2	

АНОТАЦІЯ

Пілецький М.О. Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення вал-шестерні роздавальної коробки автомобіля BMW X5 – рукопис.

Бакалаврська кваліфікаційна робота представлена на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр», галузі знань 131 «Механічна інженерія» спеціальності 131 «Прикладна механіка» (ОПП «Високотехнологічний комп'ютерний інжиніринг») – Державний університет «Житомирська політехніка», Житомир, 2025.

Кваліфікаційна робота містить 81 аркуш формату А4 пояснювальної записки, в тому числі 33 рисунка, 14 таблиць та список літератури з 27 джерел. У бакалаврській кваліфікаційній роботі проаналізовано технологічність конструкції деталі, проаналізовано сучасні підходи до експлуатації ремонту та виготовлення вал-шестерні.

Виконано конструкторську документацію а саме: робочу креслення деталі «Вал під колесо», «Колесо» формату А3, креслення загального вузла «Роздавальна коробка» в форматі А1.

На основі літературного опрацювання фахових статей, статей закордонних видань, літературних джерел, інформації з сайтів виробника роздавальної коробки автомобіля BMW X5, було визначено матеріал деталі, конструкцію, та крутний момент який передається на деталь.

Розроблено збірку роздавальної коробки та креслення.

Виконано розрахунки: аналіз технологічності конструкції деталі, режими різання, технічне нормування технологічного процесу, на пресування деталі.

Розроблено керуючу програму виготовлення вал під колесо, що виконано аналіз напружено-деформованого стану методом скінченних елементів, посадки з натягом.

Ключові слова: виготовлення, роздавальна коробка, NV125, вал-шестерня, колесо, заготовка, керуюча програма.

ANNOTATION

Piletskyi M.O. Design and technological support for the manufacture of the shaft-gear of the transfer case of the BMW X5 car - manuscript.

Bachelor's qualification work is presented for the degree of higher education "Bachelor", field of knowledge 131 "Mechanical Engineering" specialty 131 "Applied Mechanics" (OPP "High-tech Computer Engineering") - State University "Zhytomyr Polytechnic", Zhytomyr, 2025.

The qualification work contains 81 sheets of A4 format explanatory note, including 33 figures, 14 tables and a list of literature from 27 sources.

The bachelor's qualification work analyzes the manufacturability of the design of the part, analyzes modern approaches to the operation, repair and manufacture of the shaft-gear.

Design documentation was completed, namely: working drawings of the part "Shaft for the wheel", "Wheel" in A3 format, drawings of the general assembly "Transfer box" in A1 format.

Based on the literary study of professional articles, articles of foreign publications, literary sources, information from the websites of the manufacturer of the transfer box of the BMW X5 car, the material of the part, design, and torque transmitted to the part were determined.

The transfer box assembly and drawings were developed.

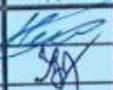
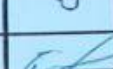
Calculations were performed: analysis of the manufacturability of the part design, cutting modes, technical standardization of the technological process, for pressing the part.

A control program for manufacturing the shaft for the wheel was developed, an analysis of the stress-strain state was performed using the finite element method, and fit with tension.

Keywords: manufacturing, transfer box, NV125, gear shaft, wheel, workpiece, control program.

Зміст

Вступ.....	10
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
1.1. Літературний огляд функціонального призначення та експлуатаційних умов роздавальної коробки автомобіля (NV125).....	12
1.2. Літературний огляд сучасних підходів до ремонту та виготовлення валу під колесо	15
1.3. Виконання 3D моделі та 2D документації.....	17
1.4. Висновки до загально-технічного розділу.....	19
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	21
2.1. Характеристика, хімічний склад та механічні властивості деталі «Вал під колесо».....	21
2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі.....	22
2.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва.....	26
2.3. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення і визначення верстатів для обробки	27
2.4. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі та вибір технічного обладнання.....	30
2.5. Розрахунок загальних та між операційних припусків на обробку деталі.....	38
2.6. Розробка та обґрунтування операцій технологічного процесу	46
2.6.1. Вибір технологічного обладнання.....	47
2.7. Розрахунок режимів різання.....	49
2.8. Технічне нормування технологічного процесу	55
2.9. Висновок до технологічного розділу	58
3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	60
3.1 Напресування деталей.....	60
3.2. Розрахунки деталі на міцність	63

МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ				
Змі	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Пілецький М.О.		
Перевір.		Немировський Я.Б.		
Н. контр.				
Затвердив		Мельник О.Л.		

Літ.	Арк.	Аркушів
	8	79

Державний університет
 «Житомирська політехніка»
 Говпа ПМ-142

3.3 Пояснення до керуючої програми (G-код)	70
3.4 Висновок до спеціального розділу	79
ВИСНОВОК ДО БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ	80

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Вступ

Сучасне машинобудування перебуває на етапі інтенсивного розвитку, що супроводжується зростанням технічних вимог до виробів та технологічних процесів. Одними з ключових завдань є підвищення точності, надійності й довговічності з'єднань, впровадження енергоощадних рішень, автоматизація виробництва, а також застосування нових конструкційних матеріалів і способів обробки. Особливої уваги потребує розробка надійних та технологічно ефективних нероз'ємних з'єднань у трансмісійних системах.

Одним із таких критичних вузлів є роздавальна коробка повного приводу — агрегат, який забезпечує розподіл крутного моменту між передньою та задньою осями транспортного засобу. В її конструкції широко застосовуються деталі, що з'єднуються за допомогою напресування із зварюванням, що дозволяє досягти високої жорсткості при мінімальних габаритах.

У цій роботі розглядається технологічне та силове обґрунтування з'єднання валу з зубчастим колесом методом напресування з подальшим зварюванням. Вивчаються умови навантаження, вибір посадки з натягом, геометрія зварного шва, розподіл крутного моменту між зонами контакту та шва, а також моделюється вузол у середовищі SolidWorks. Проведено вибір обладнання, розрахунок режимів обробки на верстаті HAAS ST-20, нормування часу та аналізуються питання охорони праці.

Метою дипломної роботи є обґрунтування та проєктування нероз'ємного з'єднання валу з зубчастим колесом методом напресування з подальшим зварюванням, яке забезпечить необхідну надійність та міцність при передачі крутного моменту в роздавальній коробці типу NV125.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати конструкцію вузла з'єднання та умови його навантаження;
- здійснити вибір типу посадки з натягом і розрахувати силу напресування;
- визначити напруження у зварному шві при заданому моменті;

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розподілити навантаження між зоною контакту та зваркою;
- змодельовати вузол у CAD-середовищі SolidWorks;
- підібрати технологічне обладнання для виготовлення деталей та з'єднання;
- виконати розрахунок режимів різання та норм часу на обробку;
- проаналізувати вимоги охорони праці при зварювальних роботах.
- Об'єктом дослідження є механічне з'єднання валу з зубчастим колесом у складі трансмісійного вузла роздавальної коробки.

Предметом дослідження є технологічний процес виготовлення та складання з'єднання за допомогою напресування з натягом і зварювання, а також його силове обґрунтування.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Літературний огляд функціонального призначення та експлуатаційних умов роздавальної коробки автомобіля (NV125)

Роздавальна коробка – це елемент трансмісії автомобіля, що опціонально застосовується тільки на повнопривідних автомобілях підвищеної прохідності з двигуном внутрішнього згорання і виконує функцію різного режимного розподілу крутного моменту між провідними осями автомобіля [1].

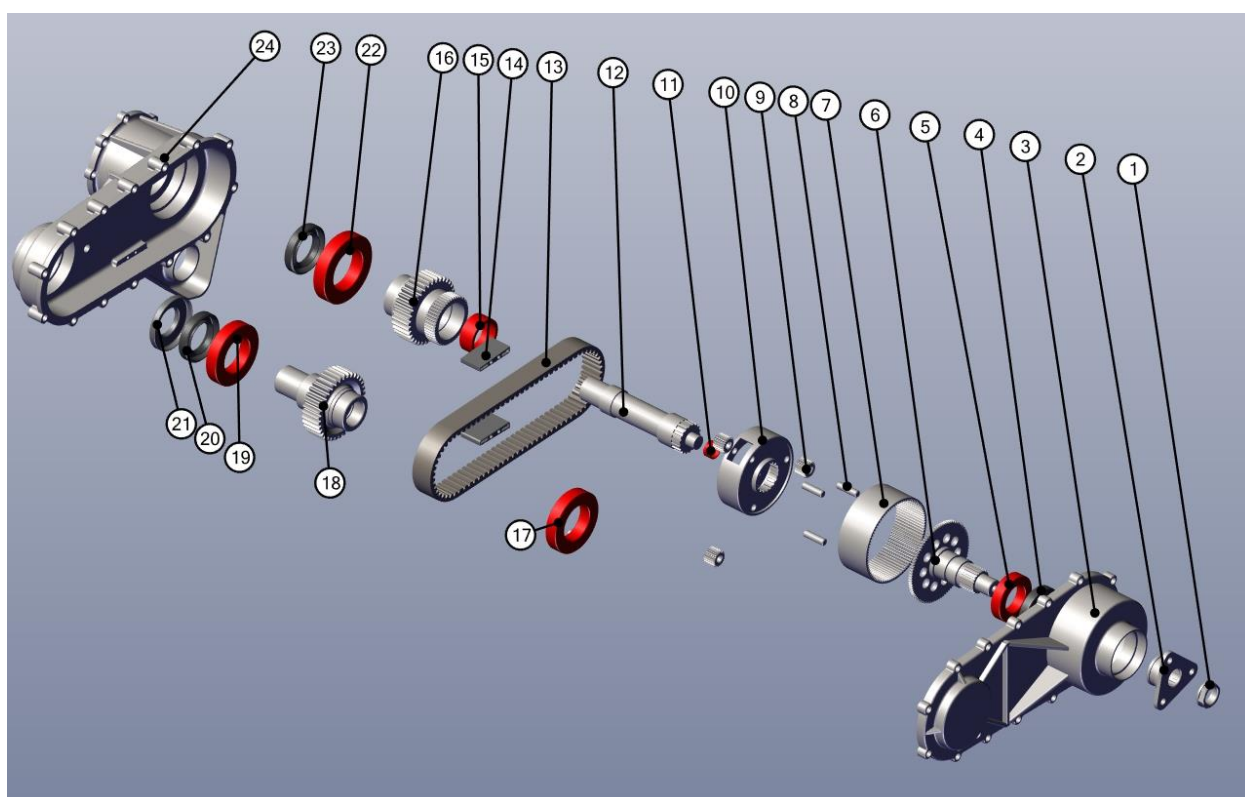


Рис.1.1. Складова частина роздавальної коробки автомобіля (NV125)

Таблиця 1

Складова частина роздавальної коробки автомобіля (NV125)

Позиція	Назва
1	Гайка M25X1.5
2	Фланець
3	Кришка картера

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція	Назва
4	Манжета 40X71
5	Підшипник
6	Вал-шестерня
7	Коронка
8	Вісь шестерні
9	Шестерня
10	муфта з внутрішніми шліцами
11	Підшипник
12	Вхідний вал
13	Ремінь
14	Обмежувач реміння
15	Підшипник
16	Подвійна циліндрична шестерня
17,19	Підшипник вихідний
18	Вихідний вал
20,23	Манжета
21	Кришка вихідного валу
22	Підшипник вхідний
24	Картер

Джерело: зроблено автором

За конструкцією роздавальна коробка є окремим агрегатом, в картері (корпусі) якого за замовчуванням знаходяться два послідовно розташованих пристрої: демультіплікатор, призначений для можливості руху в двох ходових режимах :

- режимі доріг з покриттям;
- режимі бездоріжжя;

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Розгалужувач одного потоку потужності від двигуна на два потоки потужності до привідних мостів, принцип роботи якого визначає тип повного приводу. Обов'язковою приналежністю роздавальної коробки є механізм управління, за допомогою якого сам водій вибирає той чи інший режим розподілу моменту, що крутить, між осями, і у випадку, якщо механізмів ручного управління немає, то такий агрегат роздавальної коробкою зазвичай не називається.

РК (Роздавальна коробка) є окремим агрегатом, який не пов'язаний з КП (коробкою передач). РК може бути з'єднана з КП як проміжним карданним валом, так і жорстко пристикована до картера КП. картер) РК зазвичай виконаний із силуміну чи інших алюмінієвих сплавів. Зазвичай у РК є одна точка входу потужності (від КП) і дві точки виходу (до передніх та задніх осей). Конструктивно це зазвичай вали з фланцями (так звані хвостовики) для приєднання карданних валів. РК завжди має як мінімум дві паралельні осі обертання своїх ведучого та ведених валів, при цьому можливі два варіанти розподілу: вісь ведучого валу збігається з віссю веденого та вісь другого веденого валу окремо; осі ведених валів збігаються і вісь провідного валу окремо. Важливо вибір того чи іншого варіанта ні на що не впливає і визначається лише компоновання [2].

Призначення РК (NV125):

передача та розподіл крутного моменту від трансмісії (Автоматичної коробки передач) до передньої та задньої осей, тобто:

вхід крутного моменту від трансмісії (АКПП):

-крутний момент від АКПП передається на вхідний вал РК, і він обертається разом із мотором і виконує роль головного джерела обертання для РК;

розподіл крутного моменту всередині РК;

- в РК встановлено планетарна муфта, яка являється ключовим елементом для регулювання розподілу моменту.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						14
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- задній карданний вал з'єднаний з вихідним валом, тому задня вісь отримує крутний момент завжди.

- всередині РК крутний момент розділяє між осями планетарна муфта, яка знаходиться між водилом та кільцевою муфтою.

При виявленні пробуксовки задніх коліс або втрати зчеплення, електропривід стискає муфту через гвинтовий механізм. Муфта починає передавати частина крутного моменту на передню вісь.

За рахунок гнучкого змінювання співвідношення моменту, дозволяє адаптуватися до будь-яких дорожніх умов.

Співвідношення:

- від 100:0 (повністю задній привід);
- до 50:50 (рівномірно на передню і на задню вісь).

В нормальних умовах автомобіль працює повністю на задньому приводі, але якщо з'являється потреба в покращенні керування автомобіля (погіршення погодних умов, занесення і т.д.) вмикається передній привод і потужність розподіляється 50:50 Крутного моменту [3].

1.2. Літературний огляд сучасних підходів до ремонту та виготовлення вал-шестерня

Вал-шестерня є одним з ключових елементів систем роздавальної коробки, що забезпечує передачу крутного моменту до привідного колеса. Високі навантаження, вібрації та вплив агресивного середовища зумовлюють необхідність регулярного технічного обслуговування та, в разі зносу – ремонту або виготовлення нового валу [4].

1. Конструктивна роль вал-шестерня, який позначений як позиція 13 на рис.1 у роздавальній коробці NV125, є центральним елементом планетарного редуктора. Він виконує функцію носія сателітів, з'єднуючи їх з корпусом або іншими вузлами. Відповідно, вал піддається крутного моменту, вигинальним

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навантаженням та ударним навантаженням, особливо у режим перемикання повного/часткового приводу [5].

2. Сучасні методи ремонту:

наплавлення зношених шийок. Якщо спостерігається знос під посадки підшипників, застосовують електродугове або аргоно дугове наплавлення з наступним шліфуванням до потрібного розміру [6].

Напилення та металізація. Для локального зносу ефективним є холодне газодинамічне напилення, зокрема NI-Cr покриттями, що забезпечують хорошу адгезію та зносостійкість [7].

Втулкування. Якщо втрати геометрії критичні – допускається встановлення ремонтної втулки з посадкою з натягом або на фіксуючий клей.

Термообробка з повторно механічною обробкою. У випадку деформацій або втрати твердості, вал піддається повторному гартуванню або високотемпературному відпуску [8].

3. Виготовлення нового валу-шестерні:

Виготовлення нового валу-шестерні виконується із одної із можливих технологій:

Матеріал: для таких компонентів обирають сталі 40Х, 38ХНЗМА або 30ХГСА. Ці сталі забезпечують: міцність (σ_B до 1000 МПа), ударну в'язкість (КСУ понад 0.6 МДж/м²), гартуваність до HRC 40-50.

Метод виготовлення з подальшою механічною обробкою – для серійного виробництва;

прецизійне токарне та фрезерне оброблення – на ЧПК- верстатах;

обробка отворів під підшипники та шліцьове з'єднання – з допусками до IT6-IT7, шорсткість Ra 0.8 – 1.25 мкм.

Термообробка : нормалізація, гартування, відпуск, а для підшипникових ділянок – індукційних гартування з наступним шліфуванням[9].

Сучасні підходи та інновації:

3D-сканування та зворотне проектування для відтворення геометрії у разі втрати документації [10];

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Лазерне наплавлення для локального ремонту високонавантажених ділянок [6];

Контроль якості з використанням СММ-машин (координатно-вимірjuвальних машин) – гарантує точність відтворення параметрів;

Використання полімерних композитів у відновленні посадочних місць за технологією (cold repair) [10].

Висновок: Вал-шестерня (поз. 6) на рис. 1.1. роздавальної коробки NV125 є важливою складовою, що забезпечує ефективну передачу моменту в системі повного приводу. Його ремонт та виготовлення потребують застосування високоточних технологій, термообробки та сучасного обладнання. З урахуванням умов експлуатації, рекомендовано використовувати леговані сталі з наступною термообробкою та забезпечити контроль усіх посадкових і з'єднувальних поверхонь. Перехід до цифрових методів реконструкції (3D-аналізу та CAD-моделювання) забезпечує новий рівень точності та відновлення ресурсів валу.

1.3. Виконання 3D моделі та 2D документації

Створення 3D збірки та 2D креслення деталі «Вал в збірці» Роздаткової коробки (NV125). На рисунку 1.2. зображена збірка «роздаткової коробки» в програмі SolidWorks.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

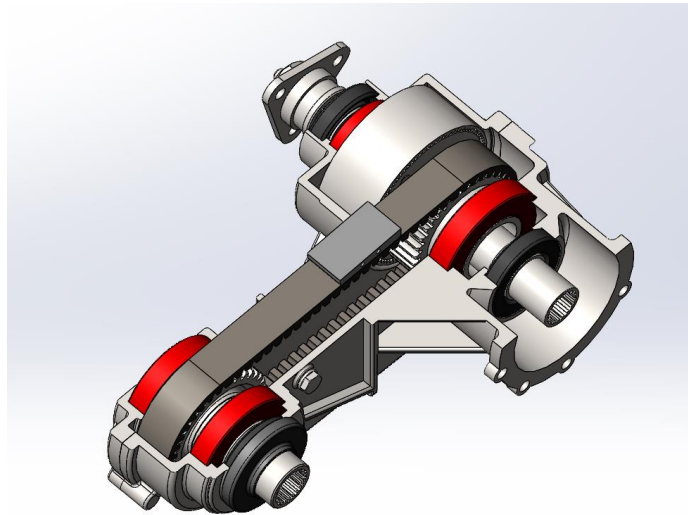


Рис. 1.2. збірка роздаткової коробки з розрізом картера для візуалізації внутрішньої частини в програмі SolidWorks

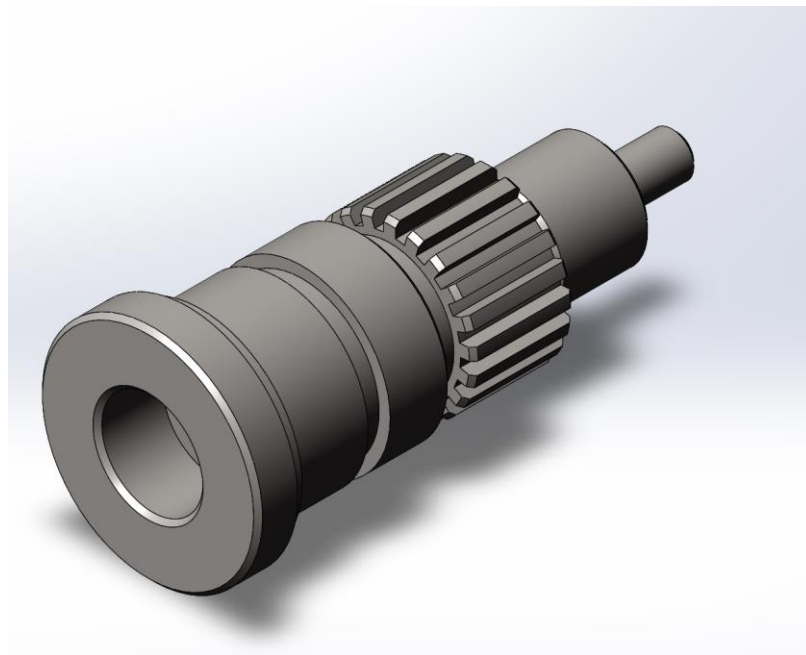


Рис. 1.3. візуалізація деталі «Вал-шестерня» в програмі SolidWorks

Зовнішній діаметр валу– 50 мм, довжина валу-шестерні- 120 мм, кількість шліцевого з'єднання – 21 шт.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

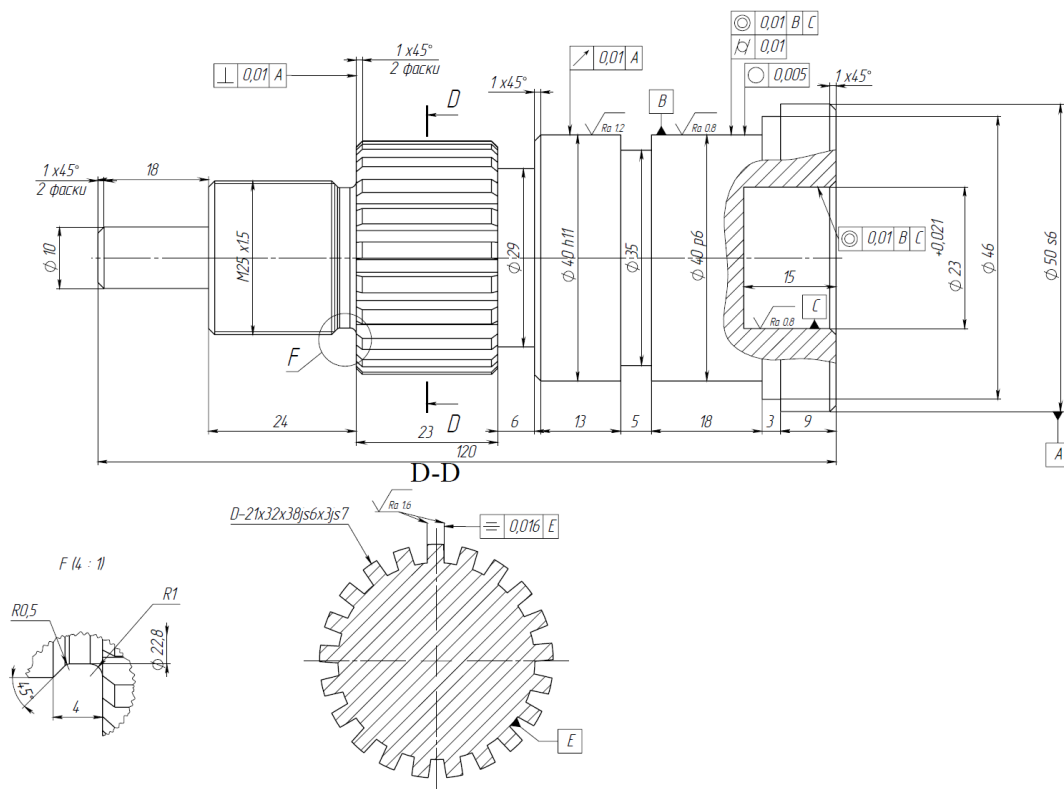


Рис. 1.4. креслення деталі вал під колесо розроблений в програмі SolidWorks

Висновки до загально-технічного розділу

В загально-технологічному розділі було проведено аналіз конструкції, роздавальної коробки NV125 автомобіля BMW X5, в яку входить обрана деталь «Вал-шестерня». З'ясували що роздавальна коробка є окремим агрегатом, який не пов'язаний з КП. РК може бути з'єднана з КП як проміжним карданним валом, так і жорстко пристикована до картера КП. Огляд літературних джерел показав, що сучасний ремонт полягає ось такі методи:

3D-сканування та зворотне проектування для відтворення геометрії у разі втрати документації;

лазерне наплавлення для локального ремонту високонавантажених ділянок;

використання полімерних композитів у відновленні посадочних місць за технологією (cold repair).

					Арк.
					19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Було виконано 3D збірку Роздавальної коробки NV125, який використовується виключно в автомобілях BMW X5 E53, та розроблено 2D-креслення деталі.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1. Характеристика, хімічний склад та механічні властивості деталі «Вал під колесо»

Сталь 40Х – це популярна легована конструкційна сталь, яка широко використовується для виготовлення деталей з підвищеною міцністю, та зносостійкістю. Вона відзначається високими механічними властивостями, добре піддається в термічній обробки (гартуванню, відпуску) та має порівняно невисоку вартість серед легованих сталей.

Сталь 40Х має достатньо високий вміст хрому (0,80...1,10%), що забезпечує їй підвищену зносостійкість, твердість і корозійну стійкість. Основною її перевагою є здатність витримувати значні динамічні навантаження, що робить її ідеальною для виробництва вала-шестерні. Також ця сталь відзначається високою стійкістю до тертя, що важливо для деталей, які працюють у вузлах з високим обертальним моментом.

Хімічний склад сталі а також його механічні властивості показані у таблицях 2 та 3.(ДСТУ 7806:2015).

Таблиця 2

Хімічний склад

Вуглець	Кремній	Марганець	Хром	Фосфор	Сірка
				Не більше	
0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,5 - 0,8	0,80-1,10	0,035	0,040

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [14]

Таблиця 3

Механічні властивості

HRC	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ , % не більше	ψ , % не більше
40-45	780 - 980	490	10	45

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [14]

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Мета даного аналізу – це виявлення технологічних і конструкторських недоліків конструкції деталі за її вихідними даними, що містяться в кресленнях і технічних вимогах, а також розробка технічних пропозицій щодо поліпшення технологічності деталі, яку ми розглядаємо.

Аналіз конструкції вал-шестерня показав, що застосування сталі 40Х має задовільну оброблюваність, і не спричинить застосуванню оптимальних режимів різання при її обробленні.

Рекомендовано визначати основні та додаткові кількісні показники технологічності. Через відсутність даних, основні показники неможливо визначити, тому будемо визначати допоміжні [15].

Розрахуємо складові параметри технологічності

1. Визначаємо коефіцієнт точності K_{IT} за формулою:

$$K_{IT} = 1 - \frac{1}{K_{IT\text{ ср.}}}$$

де $K_{IT\text{ ср.}}$ – середній квалітет точності.

$$K_{IT\text{ ср.}} = \frac{\sum K_i * n_i}{\sum n_i}$$

де K_i – квалітет i -го номера;

n_i – кількість поверхонь з квалітетом i -го номера;

$\sum n_i$ – загальна кількість поверхонь.

$$K_{IT\text{ ср.}} = \frac{6 * 3 + 14 * 8 + 1 * 11}{23} = 6.13$$

$$K_{IT} = 1 - \frac{1}{6} = 0,84$$

2. Визначаємо коефіцієнт шорсткості $K_{Ш}$ за формулою:

$$K_{Ш} = 1 - \frac{1}{Ш_{\text{ср.}}}$$

де $Ш_{\text{ср.}}$ – середній показник шорсткості.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{\text{Ш}_i * n_i}{\sum n_i}$$

де:

Ш_i – і-та шорсткість;

n_i – кількість поверхонь з і-ою шорсткістю;

$\sum n_i$ – загальна кількість поверхонь.

$$\text{Ш}_{\text{cp}} = \frac{0.8 * 5 + 3.2 * 19}{24} = 2.7$$

$$K_{\text{Ш}} = 1 - \frac{1}{8.32} = 0,88$$

2. Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу K_{BM} за формулою:

$$K_{\text{BM}} = \frac{m_{\text{Д}}}{m_{\text{М}}}$$

де $m_{\text{Д}}$ – маса готової деталі;

$m_{\text{М}}$ – маса матеріалу для виготовлення деталі.

Програма SolidWorks не має в базі даних Сталь 40Х, беремо аналогічну DIN Steel 41Cr4 297HB.[28]

Маса деталі становить за даними програми SolidWorks становить 0.8 кг.

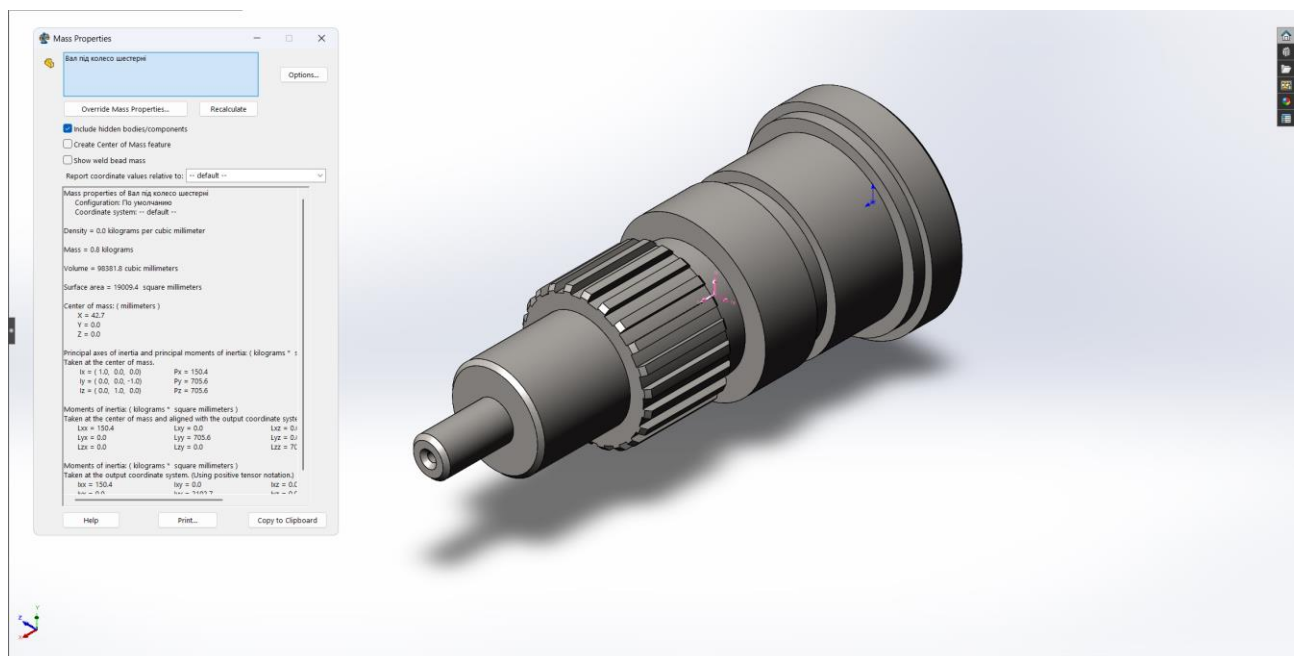


Рис. 2.1. В програмі SolidWorks, маса деталі складає 0.8 кг.

Заготовка даної деталі становить 2.0 кг в програмі SolidWorks показано на рис. 6.

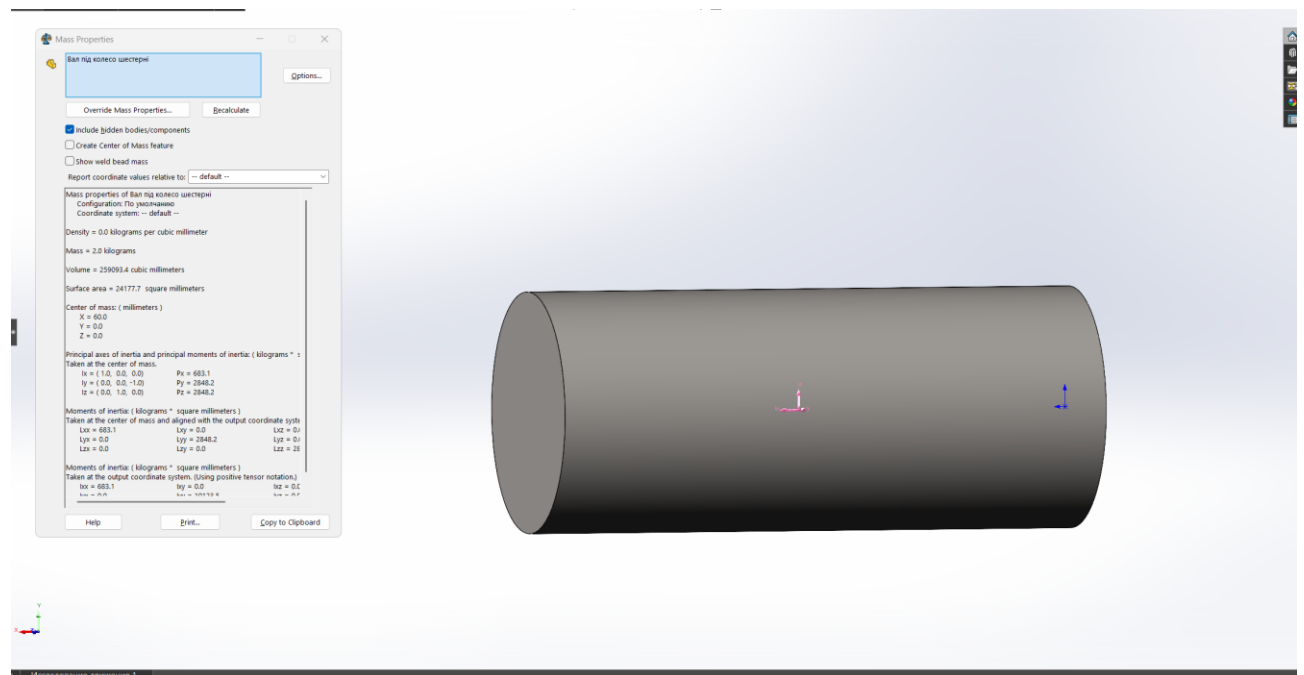


Рис. 2.2. Маса заготовки в програмі SolidWorks становить 2.0 кг.

$$K_{BM} = \frac{0.8}{2.0} = 0,4$$

3. Визначаємо комплексний показник технологічності K_K за формулою:

$$K_K = \frac{\sum K_i * K_{ie}}{\sum K_{ie}}$$

де K_i – поточний показник технологічності;

$$K_K = \frac{0,84 * 0,25 + 0,27 * 0,25 + 0,4 * 0,5}{1} = 0,47$$

Вважається, що при $K_K < 1$ деталь є технологічною.

Робимо висновок що, деталь має складні поверхонь але допоміжного різального інструменту не потребує.

За даними розрахунків на технологічність заготовку «Вал-шестерня» можна вважати технологічною.

Всі результати розрахунків додаткових показників технологічності представлені в таблиці 4.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4

№ п/п	Назва поверхні або її позначення	Кількість поверхонь	Кількість уніфікованих елементів	Квалітет точності ІТ	Параметр шорсткості, Ra, мкм
1	Торцева поверхня 10	1	1	14	3.2
2	Зовнішня діаметральна 25	2	2	14	3.2
3	Зовнішня діаметральна 35	2	2	14	3.2
4	Зовнішня діаметральна 29	2	2	14	3.2
5	Зовнішня діаметральна 40	1	1	6	0.8
6	Зовнішня діаметральна 35	2	2	14	3.2
7	Зовнішня діаметральна 40	1	1	11	1.2
8	Зовнішня діаметральна 46	2	2	14	3.2
9	Зовнішня діаметральна 50	1	1	6	0.8
10	Внутрішня діаметральна 23	2	2	6	0.8
11	Фаска 1x45	6	6	14	3.2
12	Шліцьове з'єднання	1	1	14	3.2
	Всього	$Q_e=23$	$Q_e = 23$		
	Середнє значення			11.75	2.43

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [16]

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3. Визначення програми випуску деталей та типу виробництва

Тип виробництва - це сукупність ознак, що характеризують технічну, організаційну та економічну структуру виробництва. Ці ознаки визначаються спеціалізацією виробництва, обсягами та номенклатурою виробів, а також формою руху предметів праці по робочих місцях.

Візьмемо до уваги що роздавальна коробка (NV125) застосовується виключно в автомобілі BMW X5 E53 яка була в виробництві з 2000-2006 року. Загальний обсяг виробництва E53 виготовлено: ~ 600 000 одиниць за 6 років, середньорічне виробництво: ~ 100 000 авто/рік. З цих автомобілів не всі мали роздавальну коробку NV125 (тільки моделі з 3.0i, 4.4i з АКПП) приблизно 60-70% з них -це 60 000-70 000 на рік.

Отже , для первинного виробництва : 60 000 -70 000 валів/рік.

Основний випуск завершений в 2006 році – зараз виробляються лише запасні частини. Сьогодні попит становить $\approx 1000-3000$ шт/рік [17].

Таблиця 5

Орієнтовне визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	Легкі, масою до 20 кг	Середні, масою 20...30 кг	Важкі, масою більше 30 кг
одиничне	До 100	До 10	1...5
Малосерійне	101...500	11...200	6...10
Середньо серійне	501...5000	201...1000	101...300
Велико серійне	5001...50000	1001...5000	201...1000
масове	Більше 50000	Більше 5000	Більше 1000

Джерело: узагальнено та побудовано автором на основі даних [18]

Якщо ми маємо масу деталі 0.8 кг, а річний випуск $N = 2000$ шт. тоді визначаємо тип виробництва табличним методом, в якому виготовляється деталь, з цього слідує що це буде середньо серійний тип виробництва.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначимо кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництво за формулою:

$$n = \frac{N * T_3}{254}$$

де N – річна програма, шт.;

T_3 – періодичність запуску в днях (рекомендовано періодичність 3,6,9,12,15, 18,21 дні). Беремо 21 дня.

$$n = \frac{2000 * 21}{254} = 165$$

Цей тип виробництва характеризується тим, що при ньому виготовляється обмежений асортимент продукції, а предмети праці до робочого місця надходять не штуками, як при одиничному виробництві, а періодичними партіями. Як правило, виготовлення значної частини продукції в умовах серійного виробництва стабільно повторюється протягом року або рядом років, що дає змогу організувати цей випуск на технологічно спеціалізованих дільницях.

Перевагами середньо серійного типу виробництва перед іншими:

- можна застосувати типові маршрути, раціональне співвідношення гнучкості і стандартизації:
- оптимальне завантаження устаткування, працює з мінімальними переналагодженнями:
- економія інструменті та оснастці:
- зменшення собівартості в порівнянні з малосерійним, за рахунок партійності:
- висока точність і стабільність якості:
- можливість часткової автоматизації:
- оптимізація логістики і складу.

2.3. Вибір конструкції заготовки та способу її виготовлення і визначення верстатів для обробки

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вибір заготовки передбачає одержання такої заготовки, форма і розміри якої найбільше відповідають параметрам готової деталі з врахуванням об'єму випуску. Тому при виборі заготовки необхідно врахувати такі параметри, як: характеристику матеріалу, конструктивну форму поверхонь, точність, програму випуску, розміри і масу. Будь-яка заготовка, призначена для подальшого механічного оброблення, виготовляється із припуском на розміри готової деталі. Різниця розмірів заготовки і остаточно обробленої деталі визначає величину припуску.

Виготовлення деталі «вал під колесо» для всіх типів виробництва доцільно виготовляти прокатом деталі.

Прокат деталі – це виготовлення заготовок завдяки деформації металу між валиками прокатного станка, з подальшою механічною обробкою цієї заготовки в деталь.

Під час прокату металу нагрівають або деформують холодним способом. Його пропускають через обертові валики, які стискають и витягують матеріал у форму яка нам потрібна(заготовка).

У середньо серійних виробництвах прокатні заготовки не виготовляються особисто на підприємстві, закупаються готові форми прокату в стандартних сортаментах на складах металу і т. д.

Типи прокату:

- Круглий прокат - для валів, шестерні , т. д.;
- Квадратний або шестигранний – для штампованих деталей;
- Листовий прокат – для корпусних елементів;
- Швелер – для зварних конструкцій.

Переваги виготовленням деталі прокатом, порівняно з іншими способами:

- Низька собівартість;
- Висока продуктивність;
- Якість структури металу;
- Менше внутрішніх дефектів(пористість, усадкова раковина.);

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Широкий асортимент, доступність;
- Має кращу геометрію поверхні;
- Висока повторюваність і стабільність якості.

Недоліки виготовленням деталі прокатом:

- Не дозволяє виготовлення складних внутрішніх геометрій;
- Отримати готову форму не можна, потрібна механічна обробка;
- При деяких навантаженнях менш міцний, ніж кований метал.

Фактори вибору способу прокату – це розмір прутка, матеріал, річна програма випуску, подальша обробка. Тому наш метод отримання заготовки – це гарячий круглий прокат.

Гарячий круглий прокат – це заготовка круглого перерізу, зроблена шляхом гарячої прокатки металу при температурі, вищій за температуру рекристалізації(900-1250С). Точність заготовки є низького квалітету (h13-h15) і потребує механічної обробки. Структура металу, є волокнистою, без пустот та пор [18].

На рис.7. зазначено креслення граничних відхилень заготовки в програмі SolidWorks.

Граничні відхилення заготовки взяті з (ДСТУ 4738:2007)

Діаметр – 55 мм.

Площа поперечного перерізу 19.635 см².

Маса 1 м довжини прокату 15,413 кг.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

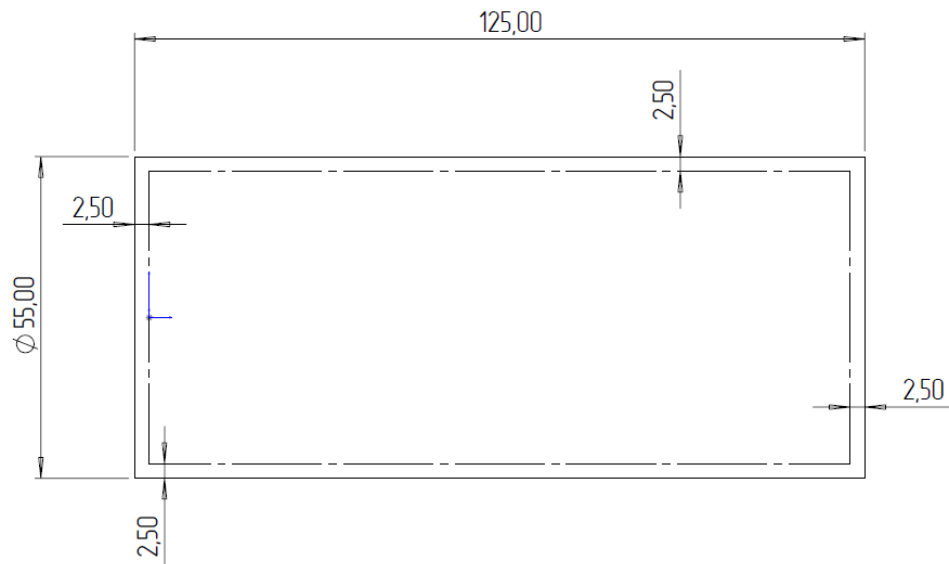


Рис.2.3. креслення габаритних умов заготовки в програмі SolidWorks

2.4. Розробка технологічного маршруту виготовлення деталі та вибір технічного обладнання.

Для розробки технологічного маршруту потрібно вибрати робочі машини на яких буде оброблятися заготовка.

Самого початку ми будемо використовувати стрічко пильний верстат(FEMI 784XL), для відрізання довжини заготовки яка нам потрібна.

Щоб виконати операцію з центрувальним отвором в деталі та фрезерувати шліцьове з'єднання, візьмемо верстат HAAS VF-2.

Для виконання операцій токарної обробки візьмемо HAAS ST-20.

Розглянемо стрічко пильний верстат FEMI 784XL, який вказаний на рис.8 Його технічні характеристики вказані в таблиці 6

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

технічні характеристики FEMI 784XL

Параметр	Значення
Тип	Портативна стілова стрічкова пилка
Потужність двигуна	1200 Вт, однофазний (110В або 230В)
Швидкість полотна	30-80 м/хв (регульована)
Розміри полотна	1400x13x0.65 мм
Ємність різу (0)	120 мм круг / 120x115 мм прямокутник
Ємність різу (45)	85 мм круг / до 85x70 мм прямокутник
Похилена голова (маятниковий кут)	До 45гр
Затиск заготовки	Призмовий патрон із литого алюмінію
Регулювання натягу полотна	Патентована автоматична муфта
Вага	17-19 кг
Габарити	≈ 900x400x520 мм
Характеристика	Сухе різання, без охолодження
Система управління	Електронне регулювання постійної швидкості

Джерело: [19]

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рис. 2.4. стрічко пильний верстат FEMI 784XL [19]

FEMI 784 XL – це портативна стрічкова пилка по металу, призначена для різання круглих, квадратних і прямокутних заготовок із металу. Вона працює без охолоджуючої рідини («сухий різ»), має регульовану швидкість полотна, ідеальна для середньо серійного виробництва та обробки твердих і м'яких металів.

Переваги FEMI 784 XL:

- Легка та мобільна;
- Регулювання швидкості, плавна зміна для різних матеріалів;
- Автоматичне натягування полотна, Полегшує обслуговування і продовжує ресурс;
- Без мастильної системи, не потребує охолоджуючих рідин.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Висновок про FEMI 784 XL – це компактна та продуктивна стрічкова пилка, вона забезпечує точний, акуратний та безпечний різ заготовок малого і середнього діаметра. Ідеальна для невеликих партій і щоденного використання.

Розглянемо верстат HAAS VF-2, який вказаний на рис. 9.

Його технічні характеристики вказані в таблиці 7.

Таблиця 7

характеристики вказані HAAS VF-2

Параметр	Значення
Переміщення по осі X	762мм
Переміщення по осі Y	406мм
Переміщення по осі Z	508мм
Розміри столу	914x356 мм
Максимальне навантаження на стіл	680 кг
Шпиндель (макс. Швидкість)	8100 об/хв (до 15000 опціонально)
Потужність шпинделя	22.4 кВт (30 HP)
Конус шпинделя	CT40/ SK40
Магазин інструментів	20 позицій (опціонально 30/50)
Тип інструментального магазину	Карусельний
Максимальна швидкість подачі (різання)	10 м/хв
Швидкість холостого ходу (X/Y/Z)	25 м/хв
Точність позиціонування	±0.005 мм
Маса верстата	≈ 3600 кг
Система ЧПУ	Haas CNC Control (NexGen)

Джерело: [\[20\]](#)

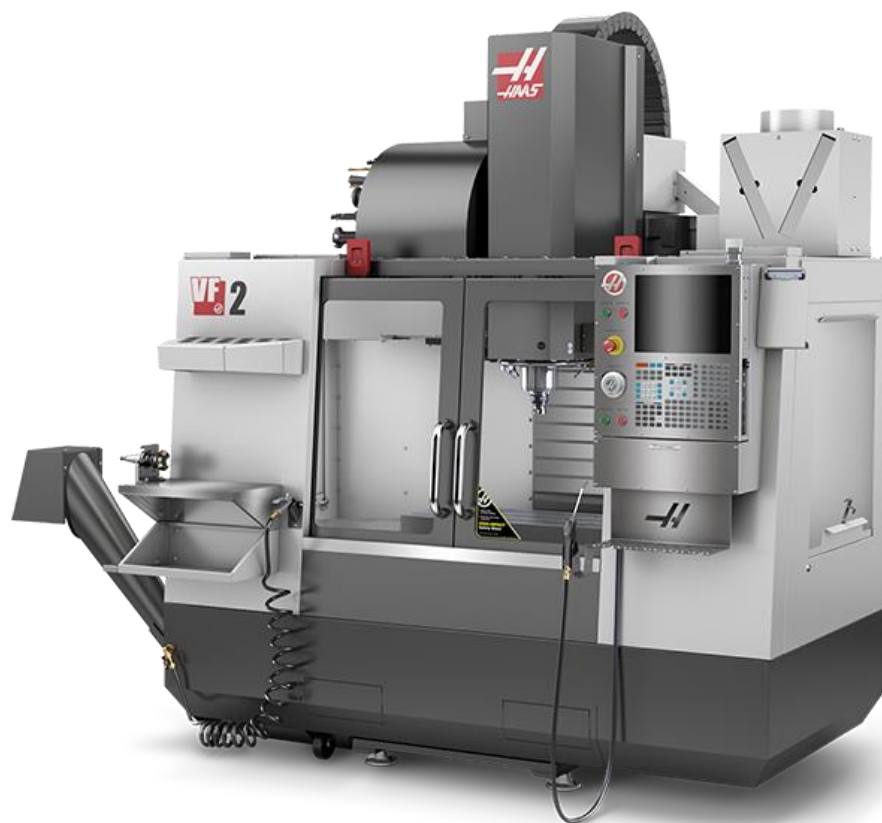


Рис. 2.5. верстат HAAS VF-2[20]

НААС VF-2 – це вертикально фрезерний верстат з ЧПУ (числовим програмним управлінням), який відноситься до серії VF (Vertical-Frees) американської компанії Haas Automation. Він призначений для 3-осьової обробки деталей з металів і сплавів, а також складних форм із високою точністю.

Переваги НААС VF-2:

- компактні розміри, ідеально підходить для середньо серійних виробництв;
- універсальний, підходить як для чорних, кольорових металів, алюмінію та пластику;
- легко інтегрується з CAD/CAM, так як сумісність з ними, це програми SolidWorks, Fusion 360, Mastercam;
- зручний інтерфейс HAAS NGC з графіком і макропрограмуванням;

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- надійна та стабільна, по всьому світу у серійному (і не тільки) виробництві використовується HAAS;

- можна модернізувати ЧПУ додати 4-ту/5-ту вісь , зонди, швидкі подачі і т. д.

Висновок про HAAS VF-2 – є надійним, відносно доступний і високоточний фрезерний центр, який добре підходить для малосерійного виробництва. Він часто використовується як універсальний інструмент(наш випадок не виключення) [20].

Далі розглянемо верстат HAAS ST-20, який вказаний на рис. 10.

Його технічні характеристики вказані в таблиці 8.

Таблиця 8

характеристики вказані HAAS ST-20

Параметр	Значення
Макс. Діаметр обробки	До 330 мм
Макс. Довжина обробки	До 572 мм
Макс. Діаметр прутка	64 мм
Діаметр отвору в шпинделі	76 мм
Шпиндель	4000 об/хв, 22,4 кВт (30 HP), A2-6
Патрон	210 мм, гідравлічний
Револьверна голова	12 позицій (BOT або VDI інструмент)
Ось Z (поздовжній хід)	572 мм
Ось X (поздовжній хід)	213 мм
Точність позиціонування	±0.005 мм
Маса верстата	≈ 4200 кг
Контролер	Haas NextGen Control (сенсорний дисплей)

Джерело: [21]



Рис. 2.6. верстат HAAS ST-20 [21]

HAAS ST-20 -це токарний верстат з ЧПУ який відноситься до серії ST (Slant Turn) тобто конструкція з похилою станиною, призначений для точіння, свердління, нарізання різьби, торцювання та інших операцій.

Перевага HAAS ST-20:

- Універсальний , підходить для валів, втулок, корпусів тощо;
- Зручний інтерфейс HAAS NGC з графіком і макропрограмуванням;
- Компактні розміри, ідеально підходить для середньо серійних виробництв;
- Потужність шпинделя 30 к. с. є достатньою для обробки сталей 40X, Ст45;
- Він ідеально підходить для точної обробки деталей у декілька проходів;
- Можливість автоматизації, працює з роботами, подавачами, конвеєрами;
- Модернізація, можливо встановити ось Y.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Висновок про HAAS ST-20 – є надійний, зручний та продуктивний токарний верстат, який підходить для малосерійного виробництва в поєднанні якості, функціональності та ціни [21].

Технологічний маршрут виготовлення деталі.

Таблиця 9

№ Операції	Назва та зміст операції	Обладнання
005	Заготівельна Нарізання заготовки Ø55x125 мм	FEMI 784 XL
010	Токарна Базові поверхні Ø50s6, Ø40p6 і Ø23N6 1. Точити торець Ø50s6 на 2.5мм 2. Точити Ø50s6x9мм 3. Точити Ø46x3мм 4. Точити Ø40p6x18мм 5. Точити Ø40h11x14мм 6. Точити канавку Ø35x5мм 7. Точити Ø38x23мм 8. Точити Ø29x 6мм 9. Точити Ø25x24мм 10. Точити фаски 1x45	HAAS ST-20
015	Токарна 1. Пере встановлення деталі , кріплення за базу А (Ø50s6) 2. Точити торець Ø10 на 2.5мм 3. Точити Ø10x18мм 4. Точити фаски 1x45 5. Нарізання різьби на Ø25 M25x1.5	HAAS ST-20
020	Токарна	HAAS ST-20

№ Операції	Назва та зміст операції	Обладнання
	1. Пере встановлення деталі, кріплення за базу В 2.Свердлити Ø20x15мм 3.Точити внутрішній Ø23N6x15мм 3.Точити фаску 1x45	
025	Фрезерувальна Фрезерувати шліці D-21x32x38js6x3js7	HAAS VF-2
030	Контрольна Технічний контроль	Стіл ВТК

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних[22]

2.5. Розрахунок загальних та між операційних припусків на обробку деталі.

Розрахунок граничних поверхонь та припусків на обробку для поверхні
Ø23N6($23_{-0,024}^{-0,011}$)x15мм

Маємо таку послідовність операцій і переходів:

- Чорнове точіння;
- На-пів-чистове точіння;
- Чистове точіння;

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{y.i}^2} \right)$$

де:

R_{i-1} -висота не рівностей профілю;

T_{i-1} -глибина дефектного шару;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y.i}$ -величина похибки установки.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних.

Величина висоти не рівностей профілю заготовки: $R_{\text{заг}} = 200$ мкм

Величина висоти не рівностей профілю при чорновому точінні: $R_{\text{чор.точ}} = 50$ мкм

Величина висоти не рівностей профілю при на пів чистовому точінні: $R_{\text{напівчис.точ}} = 25$ мкм

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{\text{заг}} = 200$ мкм

Величина глибини дефектного шару при чорновому точінні: $T_{\text{чор.точ}} = 100$ мкм

Величина глибини дефектного шару при на пів чистовому точінні: $T_{\text{чис.точ}} = 60$ мкм

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \Delta_{\text{кор}}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k * D)^2 + (\Delta_k * L)^2} = \sqrt{(0,7 * 23)^2 + (0,7 * 15)^2} = 19.2 \text{ мкм}$$

де Δ_k – питома величина короблення.

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 19.2 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,06 * 19.2 = 1.15 \text{ мкм}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після на пів чистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 * 19.2 = 0.76 \text{ мкм}$$

Величина похибки установки:

-точіння чорнове 25мкм;

-точіння на пів чистове – 10мкм;

-точіння чистове – 2мкм;

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{min} = 2 \left(200 + 200 + \sqrt{19.2^2 + 25^2} \right) = 863 \text{ мкм}$$

- точіння на пів чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(50 + 100 + \sqrt{1.15^2 + 10^2} \right) = 320 \text{ мкм}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(25 + 60 + \sqrt{0.76^2 + 2^2} \right) = 174 \text{ мкм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу внутрішнього діаметру:

-точіння чорнове:

$$21.632 + 0.863 = 22.495 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$22.495 + 0.320 = 22.815 \text{ мм}$$

-точіння чистове:

$$22.815 + 0.174 = 22.989 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$22.495 - 21.632 = 0.863 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$22.815 - 22.496 = 0.320 \text{ мм}$$

- точіння чистове:

$$22.989 - 22.815 = 0.174 \text{ мм}$$

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні Ø23N6

Елементи припуску, мкм					Допуск, мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічні операції та переходи	Rzi- 1	Ti- 1	Pi-1	εi		max	min	Max	min
Заготовка	200	200	30.5	-	1.777	21.632	21.691	-	-
Точіння чорнове	50	100	20.3	20	1.053	22.495	22.554	1.053	0.526
Точіння на пів чистове	25	60	10.03	10	0.520	22.815	22.874	0.52	0.26
Точіння чистове	0	0	0	5	0.204	22.989	22.976	0.204	0.102

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [23]

Ø40p6(40^{+0,042}_{+0,026})x18мм

Маємо таку послідовність операцій і переходів:

- Чорнове точіння;
- На-пів-чистове точіння;
- Чистове точіння;

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{y,i}^2} \right)$$

Де R_{i-1} -висота нерівностей профілю;

T_{i-1} -глибина дефектного шару;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y,i}$ -величина похибки установки.

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина висоти нерівностей профілю заготовки: $R_{\text{заг}} = 200$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при чорновому точінні: $R_{\text{чор.точ}} = 50$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при на пів чистовому точінні: $R_{\text{на пів чист. точ}} = 25$ мкм

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{\text{заг}} = 200$ мкм

Величина глибини дефектного шару при чорновому точінні: $T_{\text{чор.точ}} = 100$ мкм

Величина глибини дефектного шару при на пів чистовому точінні: $T_{\text{чист.точ}} = 60$ мкм

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \Delta_{\text{кор}}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k * D)^2 + (\Delta_k * L)^2} = \sqrt{(0,7 * 40)^2 + (0,7 * 18)^2} = 30,7 \text{ мкм}$$

де Δ_k – питома величина короблення.

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 30,7 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,06 * 30,7 = 1,84 \text{ мкм}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після на пів чистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 * 30,7 = 1,22 \text{ мкм}$$

Величина похибки установки:

-точіння чорнове 25мкм;

-точіння на пів чистове – 10мкм;

-точіння чистове – 2мкм;

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$2Z_{\text{min}} = 2 \left(200 + 200 + \sqrt{30,7^2 + 25^2} \right) = 1079 \text{ мкм}$$

- точіння на пів чистове:

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{min} = 2 \left(50 + 100 + \sqrt{1.84^2 + 10^2} \right) = 520 \text{ мкм}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{min} = 2 \left(25 + 60 + \sqrt{1.22^2 + 2^2} \right) = 204 \text{ мкм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$41.845 - 1.079 = 40.766 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$40.766 - 0.520 = 40.246 \text{ мм}$$

-точіння чистове:

$$40.246 - 0.204 = 40.042 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$41.845 - 40.766 = 1.079 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$40.766 - 40.246 = 0.520 \text{ мм}$$

- точіння чистове:

$$40.246 - 40.042 = 0.204 \text{ мм}$$

Таблиця 11

Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні Ø40p6

Елементи припуску, мкм					Допуск, мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічні операції та переходи	Rzi- 1	Ti- 1	Pi-1	εi		max	min	Max	min
Заготовка	200	200	30.5	-	1.803	41.845	41,829	-	-
Точіння чорнове	50	100	20.3	20	1.079	40.766	40,75	1.079	0.54

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					43

Точіння на пів чистове	25	60	10.03	10	0.52	40.246	40,23	0.52	0.26
Точіння чистове	0	0	0	5	0.204	40.042	40.026	0.204	0.102

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [23]

$$\varnothing 50s6(50^{+0,059}_{+0,043}) \times 9 \text{ мм}$$

Маємо таку послідовність операцій і переходів:

- Чорнове точіння;
- На-пів-чистове точіння;
- Чистове точіння;

Формула мінімального припуску для кожного переходу:

$$2Z_{min} = 2 \left(R_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{y.i}^2} \right)$$

Де R_{i-1} -висота нерівностей профілю;

T_{i-1} -глибина дефектного шару;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне просторове відхилення;

$\varepsilon_{y.i}$ -величина похибки установки.

Вибираємо елементи припусків і залишкові просторові похибки з таблиць і довідникових даних.

Величина висоти нерівностей профілю заготовки: $R_{заг} = 200$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при чорновому точінні: $R_{чор.точ} = 50$ мкм

Величина висоти нерівностей профілю при напівчистовому точінні: $R_{напівчис.точ} = 25$ мкм

Величина глибини дефектного шару заготовки: $T_{заг} = 200$ мкм

Величина глибини дефектного шару при чорновому точінні : $T_{чор.точ} = 100$ мкм

Величина глибини дефектного шару при напівчистовому точінні : $T_{чис.точ} = 60$ мкм

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарне просторове відхилення заготовки:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = \Delta_{\text{кор}}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення заготовки;

$$\Delta_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k * D)^2 + (\Delta_k * L)^2} = \sqrt{(0,7 * 50)^2 + (0,7 * 9)^2} = 35.56 \text{ мкм}$$

де Δ_k – питома величина короблення.

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 35.56 \text{ мкм}$$

Сумарне просторове відхилення після чорнового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чорн}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,06 * 35.56 = 2.13 \text{ мкм}$$

де K_y – коефіцієнт уточнення.

Сумарне просторове відхилення після напівчистового точіння:

$$\Delta_{\Sigma \text{ чист}} = K_y * \Delta_{\Sigma \text{ заг}} = 0,04 * 35.56 = 1.42 \text{ мкм}$$

Величина похибки установки:

-точіння чорнове 25мкм;

-точіння на пів чистове – 10мкм;

-точіння чистове – 2мкм;

Рахуємо мінімальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$2Z_{\min} = 2 \left(200 + 200 + \sqrt{35.56^2 + 25^2} \right) = 886 \text{ мкм}$$

- точіння напівчистове:

$$2Z_{\min} = 2 \left(50 + 150 + \sqrt{1.84^2 + 10^2} \right) = 520 \text{ мкм}$$

- точіння чистове:

$$2Z_{\min} = 2 \left(25 + 60 + \sqrt{1.22^2 + 2^2} \right) = 204 \text{ мкм}$$

Рахуємо розрахунковий (найбільший) розмір для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$51.845 - 1.079 = 40.766 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$50.766 - 0.520 = 40.246 \text{ мм}$$

-точіння чистове:

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$50.246 - 0.204 = 40.042 \text{ мм}$$

Рахуємо максимальний припуск для кожного переходу:

-точіння чорнове:

$$51.845 - 50.766 = 1.079 \text{ мм}$$

-точіння на пів чистове:

$$50.766 - 50.246 = 0.520 \text{ мм}$$

- точіння чистове:

$$50.246 - 50.042 = 0.204 \text{ мм}$$

Таблиця 11

Розрахунок припусків і проміжних розмірів для поверхні Ø40p6

Елементи припуску, мкм					Допуск, мм	Граничні розміри		Граничний припуск	
Технологічні операції та переходи	Rz1- 1	Ti- 1	Pi-1	εi		max	min	Max	min
Заготовка	200	200	30.5	-	1.803	41.845	41,829	-	-
Точіння чорнове	50	100	20.3	20	1.079	40.766	40,75	1.079	0.54
Точіння на пів чистове	25	60	10.03	10	0.52	40.246	40,23	0.52	0.26
Точіння чистове	0	0	0	5	0.204	40.042	40.026	0.204	0.102

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [23]

2.6. Розробка та обґрунтування операцій технологічного процесу

Операційні карти (ОК) - це документ, який призначений для опису технологічної операції із зазначенням послідовного виконання переходів, даних

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					46

про засоби технологічного оснащення, і режими різання. Застосовується при розробці одиничних технологічних процесів.

ОК містить детальний опис операції ТП з розгорнутими операціями по переходах, вказаним режимом роботи, розрахункових норм, пристосування, обладнання, робочого та вимірювального інструменту.

2.6.1. Вибір технологічного обладнання.

Вибір технологічного обладнання є важливим завданням при проектуванні та організації виробництва. Від правильного вибору обладнання залежить ефективність виробництва і якість продукції.

В нашому випадку ми використовуємо верстати з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Що дає змогу автоматизувати весь процес обробки розробленою програмою і забезпечує гнучкість виробничого процесу і можливість використовувати програму багаторазово [24].

Для токарних операцій вибрано токарний верстат по металу с ЧПУ HAAS ST-20. Загальні відомості:

Верстат HAAS ST-20 – оснащується інтегрованою контрольною системою HAAS CNC, яка забезпечує автоматичне керування усіма технологічними циклами обробки, зміна режимів подачі, частоти обертання шпинделя, індексація револьверної головки, охолодження та контроль вимірювального інструменту.

Число одночасно керованих координат -2, всього керованих координат -2. Дискретність завдання поперечних переміщень подачі (осі X) - 0,01 мм, поздовжніх переміщень (осі Z) - 0,01 мм.

Верстат призначений для середньої та високоточної токарної обробки деталей з чорних, кольорових металів, сплавів, а також для обробки загартованих поверхонь із наступним шліфуванням.

Основні характеристики:

- Максимальний діаметр оброблюваної заготовки над станиною, мм: 330
- Максимальний діаметр оброблюваної заготовки над супортом, мм: 210
- Максимальна довжина обробки, мм: 572
- Максимальний діаметр прутка, мм: 64

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Максимальна подача супорта, мм/хв: 340
- Потужність головного електродвигуна, кВт: 14.9 (S3)
- Кількість позицій револьверної головки: 12
- Повторюваність позиціювання: ± 0.002 мм
- Система ЧПУ: HAAS CNC control (Intuitive Programming System)[21].

Таблиця 12

Засоби технологічного оснащення

№ Операції	Назва операцій	Модел верстата	Пристрій	Допоміжний інструмент	Різальний інструмент	Вимірювальні інструменти
005	Заготівельна	Femi 784XL	Лещата з ручним затиском	Обмежувач довжини	Стрічкова пила HSS	Рулетка, штангенциркуль
010	Токарна	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Оправка ISO 12164-1	Прохідний відрізний різець ISO 513	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1, ISO 13385-1
015	Токарна	HAAS ST-20	3-х кулачковий патрон	Оправка ISO 12164-1	Прохідний відрізний різець ISO 513, Нарізний різець ISO 529	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0.1, ISO 13385-1,

020	Токарна	HAAS ST-20	3-х кулачкови й патрон	Оправка ISO 12164-1	Свердло ISO 494, Внутріш ній різець ISO 5609	Штангенцир куль ШЦ-1- 125-0.1, ISO 13385-1, нутромір
025	Фрезерува льна	HAAS VF-2	Призматич ний упор	Оправка ISO 7388-1	Шліцьов а фреза ISO 1641-2	Штангенцир куль ШЦ-1- 125-0.1, ISO 13385-1, мікрометр
030	Контрольн а	-	Стіл ВТК	-	-	Контрольно вимірюваль ний стенд

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [24]

2.7. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання при точінні Ø50N6x9мм

Вибір глибини різання t :

- для чорнового точіння: $t = 0.54$ мм
- для на пів чистового точіння: $t = 0.26$ мм
- для чистового точіння: $t = 0.102$ мм

Вибір подачі:

- Для чорнового точіння: 0,365 мм/об;
- Для на пів чистового точіння: 0,29 мм/об;
- Для чистового точіння: 0,034 мм/об.
- Період стійкості різця:
- $T=60$ хв

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Визначаємо розрахункову швидкість різання:

$$v_p = \frac{C_v}{T^m * t^x * S^y} * K_v$$

де C_v , m , x , y – коефіцієнт і показники ступеня;

$K_v = K_{mv} * K_{nv} * K_{uv}$ – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу, який оброблюється, стан поверхні заготовки і матеріал інструмента.

$$K_v = 0,8 * 0,85 * 1 = 0,68$$

- Для чорнового точіння:

$$v_p = \frac{350}{60^{0.2} * 0,54^{0.15} * 0.365^{0.35}} * 0.68 = 164 \text{ м/хв}$$

- Для на пів чистового точіння:

$$v_p = \frac{420}{60^{0.2} * 0,26^{0.15} * 0.29^{0.20}} * 0.68 = 349 \text{ м/хв}$$

- Для чистового точіння:

$$v_p = \frac{420}{60^{0.2} * 0,102^{0.15} * 0.034^{0.20}} * 0.68 = 349 \text{ м/хв}$$

Визначаємо кількість обертів шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000 * v_p}{\pi * D}$$

- Для чорнового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 164}{3,14 * 50,766} = 1029 \text{ об/хв}$$

- Для на пів чистового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 349}{3,14 * 50,246} = 2212 \text{ об/хв}$$

- Для чистового точіння:

$$n_p = \frac{1000 * 349}{3,14 * 50,042} = 2221 \text{ об/хв}$$

Коректувати частоту обертання шпинделя за кінематичними даними верстата:

$$n \leq n_p$$

$$1029 \leq 1029$$

$$2212 \leq 2212$$

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

$$2221 \leq 2221$$

Перераховуємо дійсну швидкість точіння:

- Для чорнового точіння:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3.14 * 50,766 * 1029}{1000} = 164 \text{ об/хв}$$

- Для чистового точіння:

$$v = \frac{\pi * D * n}{1000} = \frac{3.14 * 50,042 * 2221}{1000} = 349 \text{ об/хв}$$

Визначаємо головні складові сили різання P_z , P_x , P_y , H :

$$P_{z,y,x} = 10 * C_p * t^x * s^y * v^n * K_p$$

Де C_{pi} , x_{pi} , y_{pi} , n_{mi} – відповідно значення коефіцієнтів і показників степені, які враховують вид оброблюваного та інструментального матеріалів і вид обробки;
 $K_{pi}=1$ – коефіцієнт, що враховує вплив механічних властивостей оброблюваного матеріалу і геометрії різальної частини різця на сили різання.

- Для чорнового точіння:

$$P_z = 10 * 300 * 0,54^1 * 0.365^{0.75} * 164^{-0.15} * 1 = 354 \text{ Н}$$

- Для на пів чистового точіння:

$$P_z = 10 * 300 * 0,26^1 * 0.29^{0.75} * 349^{-0.15} * 1 = 128 \text{ Н}$$

- Для чистового точіння:

$$P_z = 10 * 300 * 0.102^1 * 0.034^{0.75} * 349^{-0.15} * 1 = 10 \text{ Н}$$

Розраховуємо ефективну потужність різання:

$$N = \frac{P_z * v}{1020 * 60}$$

- Для чорнового точіння:

$$N = \frac{354 * 164}{1020 * 60} = 0.94 \text{ кВт}$$

- Для на пів чистового точіння:

$$N = \frac{128 * 349}{1020 * 60} = 0,72 \text{ кВт}$$

- Для чистового точіння:

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{10 * 349}{1020 * 60} = 0.05 \text{ кВт}$$

Для забезпечення виконання вибраного режиму точіння на заданому верстаті необхідне виконання умови:

$$N_{\text{дв}} * \eta > N$$

$$14,9 > 0.94$$

$$14,9 > 0,72$$

$$14,9 > 0,05$$

Визначимо основний час на перехід:

$$T_o = \frac{L}{n * s}$$

$$L = l + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}}$$

Де l – довжина оброблюваної поверхні заготовки, мм;

$l_{\text{вр}}$ – величина врізання різця в заготовку, мм;

$l_{\text{пер}}$ – величина перебігу різця (при обробленні «в упор» $l_{\text{пер}} = 0$).

$$l_{\text{вр}} = t * \text{ctg}(\varphi)$$

де φ – головний кут в плані різця.

- для чорнового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,54 * \text{ctg}(60^\circ) = 0,31 \text{ мм}$$

$$L = 9 + 0,31 = 15,31 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{9,31}{1029 * 0,365} = 0,02$$

- Для на пів чистового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0,26 * \text{ctg}(60^\circ) = 0,15 \text{ мм}$$

$$L = 9 + 0.15 = 15,15 \text{ мм}$$

$$T_o = \frac{9,15}{2212 * 0,29} = 0,011$$

- Для чистового точіння:

$$l_{\text{вр}} = 0.102 * \text{ctg}(60^\circ) = 0.059 \text{ мм}$$

$$L = 9 + 0.059 = 15,059 \text{ мм}$$

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{9,059}{2221 * 0,034} = 0,19$$

Заносимо обраховані дані в таблицю 13 [25].

Отже урахуємо що в Технологічному маршруті виготовлення деталі вже є розрахунків, але ми додамо наші обраховані дані припусків, в переходу деталі в таблицю 13.

Таблиця 13

Зміст, номер операції або переходу	t, мм	L	i	Tm, хв	S, мм/о б	N ,об/хв	V, м/хв	Sm, мм/хв	To, хв	N, кВт
010 Токарна										
1. Точити торець Ø50S6 на 2.5 мм	2.5	2.5	1	0.01 83	0.70 7	2540	183	1795.8	0.01 83	11.2
2. Точити Ø55 в Ø51.845	1.58	9	2	1.90 2	0.18 3	1610	262	294.6	0.90 2	4.07
3. Точити начорно Ø51.845 в Ø50,766	0.54	9	1	0.91 8	0.36	1029	79.7	182.5	0.91 8	0.94
4. Точити на пів чисто Ø50,766 в Ø50,246	0.26	9	1	0.52 6	0.29	2212	78	147.2	0.52 6	0.72
5. Точити начисто Ø50,246 в Ø50,042	0.10 2	9	1	0.55	0.03 4	2221	53.2	11.6	0.55	0.05
6. Точити Ø55 в Ø46	1.0	1	1	0.01 18	0.1	1200	80	120	0.01 18	0.33
7. Точити Ø46 в Ø41.845	4.5	3	2	0.10 2	0.70 7	1440	209	813	0.10 2	10.2

Зміст, номер операції або переходу	t, мм	L	i	Tm, хв	S, мм/об	N, об/хв	V, м/хв	Sm, мм/хв	To, хв	N, кВт
8. Точити Ø41.845 в Ø40.766	4.09	18		0.22	0.36 2	1990	262	481.5	0.22	7.54
9. Точити Ø40.766 в Ø40.246	0.54	18	1	0.55	0.14 9	1330	170	198.2	0.55	0.85
10. Точити Ø40.246 в Ø40.042	0.26	18	1	0.64	0.18 3	2320	293	424.6	0.67	0.94
11. Точити Ø40	0.10 2	18	1	0.06 8	0.10 5	2570	324	269.8	0.06 8	0.28
12. Точити Ø35	6.6	5	3	0.25	0.51 8	1680	185	840	0.25	11.6
13. Точити Ø38	7.5	14	2	0.43 6	0.51 8	1470	185	735	0.43 6	14.4
14. Точити Ø29	8	6	3	0.32	0.5	2030	185	1015	0.32	14.4
15. Точити Ø25	6.6	23	3	0.25	0.51 8	1680	185	840	0.25	11.6
16. Точити фаски 1x45	1.0	1	1	0.01 18	0.1	1200	80	120	0.01 18	0.33
015 Токарна										
1. Точити торець Ø10 на 2.5мм	2.77	2.5	8	0.16	0.19	2290	156	341	0.16	2.03
2. Точити Ø10	2.56	18	17	0.11 69	0.37 3	926	115	305.9	0.11 69	4.1
3. Точити фаску 1x45	1.0	1	1	0.01 18	0.1	1200	80	120	0.01 18	0.33
4. Нарізати різьбу M25x1.5 на Ø 25	0.94	24	5	0.08 1	1.5	1400	110	2100	0.08 1	1.192
020 Токарна										

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						54

Зміст, номер операції або переходу	t, мм	L	i	Tm, хв	S, мм/об	N, об/хв	V, м/хв	Sm, мм/хв	To, хв	N, кВт
1. Свердлити Ø20	15	15	1	0.03 9	0.15 9	2540	159	403.9	0.03 9	8.48
1. Точити на чорно внутрішній Ø21.632 в Ø22.495	0.86 3	15	1	0.03 7	0.10 5	2320	283	420	0.03 7	0.824
2. на пів чисто внутрішній Ø22.495 в Ø22.815	0.16	15	2	0.05 4	0.14 9	2000	287	596	0.05 4	0.509
3. на чисто внутрішній Ø22.815 в Ø22.989	0.08 7	15	2	0.10 2	0.14 5	1900	289	299	0.10 2	0.158
4. Точити фаску 1х45	1.0	1	1	0.01 18	0.1	1200	80	120	0.01 18	0.33
025 Фрезерувальна										
1.Фрезерувати шліцьове з'єднання Ø35	7,5	6	1	120	0.5	1000	52	2000	1,5	3

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [26]

2.8. Технічне нормування технологічного процесу

Розраховуємо основний (машинний) час обробки:

$$T_0 = \sum t_{oi}$$

Тоді:

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						55

$$t_{o1}=0.018+0.902+0.918+0.526+0.55+0.0118+0.102+0.22+0.55+0.67+0.068+0.25+0.436+0.32+0.25+0.0118= 5.8036 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = 0.16 + 0.1169 + 0.0118 + 0.081 = 0.3697 \text{ хв}$$

$$t_{o3} = 0.039+0.037+0.054+0.102+0.0118= 0.2438 \text{ хв}$$

$$t_{o4} = 1.5 \text{ хв.}$$

Сумарний основний час на операції:

$$T_0 = t_{o1} + t_{oi} = 11.244 \text{ хв}$$

Розраховуємо допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{зм}} + t_{\text{к}}$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення, затискання та зняття деталі;

$t_{\text{пер}}$ – час переходу;

$t_{\text{зм}}$ – час для зміни роботи верстата;

$t_{\text{к}}$ – час на контрольні вимірювання.

$$t_{\text{доп}} = 0.5+0.05+0.06+0.5=1.11 \text{ хв}$$

Розраховуємо оперативний час операції:

$$t_{\text{оп}} = t_{oi} + t_{\text{доп}}$$

Тоді:

$$t_{\text{оп1}} = 5.8036 + 1.11 = 6.9135 \text{ хв}$$

$$t_{\text{оп2}} = 0.3697 + 1.11 = 1.4797 \text{ хв}$$

$$t_{\text{оп3}} = 0.2438 + 1.11 = 1.3538 \text{ хв}$$

$$t_{\text{оп4}} = 1.5 + 1.11 = 2.61 \text{ хв}$$

Визначаємо час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, на відпочинок і природні потреби, які приймаються у відсотках від оперативного часу на операцію:

$$t_{\text{обсл}} = 0,06 * t_{\text{оп}}$$

$$t_{\text{відп}} = 0,04 * t_{\text{оп}}$$

Тоді:

$$t_{\text{обсл1}} = 0.06 * 6.9135 = 0.4148 \text{ хв}$$

$$t_{\text{відп1}} = 0.04 * 6.9135 = 0.2765 \text{ хв}$$

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{обсл}2} = 0.06 * 1.4797 = 0.0888 \text{ хв}$$

$$t_{\text{відп}2} = 0.04 * 1.4797 = 0.0592 \text{ хв}$$

$$t_{\text{обсл}3} = 0.06 * 1.3538 = 0.0812 \text{ хв}$$

$$t_{\text{відп}3} = 0.04 * 1.3538 = 0.0542 \text{ хв}$$

$$t_{\text{обсл}4} = 0.06 * 2.61 = 0.1566 \text{ хв}$$

$$t_{\text{відп}4} = 0.04 * 2.61 = 0.1044 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучного часу на операцію:

$$t_{\text{шт}} = \sum t_{oi} + t_{\text{доп}} + t_{\text{обсл}} + t_{\text{відп}}$$

Тоді:

$$t_{\text{шт}1} = 5.8036 + 1.11 + 0.4148 + 0.2765 = 7.6049 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт}2} = 0.3697 + 1.11 + 0.0888 + 0.0592 = 1.6277 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт}3} = 0.2438 + 1.11 + 0.0812 + 0.0542 = 1.4892 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт}4} = 1.5 + 1.11 + 0.1566 + 0.1044 = 2.8710 \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}$$

Тоді:

$$t_{\text{шт.к}1} = 7.6049 + \frac{15}{2000} = 7.6124 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт.к}2} = 1.6277 + \frac{15}{2000} = 1.6352 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт.к}3} = 1.4892 + \frac{15}{2000} = 1.4967 \text{ хв}$$

$$t_{\text{шт.к}4} = 2.8710 + \frac{15}{2000} = 2.8785 \text{ хв}$$

Всі обраховані дані заносимо в таблицю 14.

Таблиця 14.

Технічні норми часу по операціям

Назва і номер операції	t_o , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{оп}}$, хв	$t_{\text{обсл}}$, хв	$t_{\text{відп}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{п.з}}$, хв	n, шт	$t_{\text{штк}}$, хв
010 Токарна	5,8036		6,916	0,4148	0,2765	7,6049		2000	7.6124

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					57

Назва і номер операції	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{оп}$, хв	$t_{обсл}$, хв	$t_{відп}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{п.з}$, хв	n, шт	$t_{штк}$, хв
015 Токарна	0,3697	1.11	1,48	0,0888	0,0592	1,6277	15		1.6352
020 Токарна	0,2438		1,354	0,0812	0,0542	1,4892			1.4967
025 Фрезерування	1,5		2,61	0,1566	0,1044	2,871			2.8785

Джерело: узагальнено та зроблено автором на основі даних [25]

Висновок до технологічного розділу

В цьому розділі було проведено розрахунки виготовлення та оброблення деталі, було вибрано найоптимальніший вид виготовлення деталі. Обрано матеріал Сталь 40Х аналог (41Cr4) згідно стандарту ДСТУ 7806. Визначивши хімічні та механічні властивості металу. При розрахунках деталі на технологічність було визначено що можна вважати що вона технологічна.

Визначили програму випуску деталі «Вал-шестерня», річний випуск деталі є – 2000 шт., кількість деталей в партії для одночасного запуску у виробництві являється 165 шт., програма – середнє виробництво.

При виборі конструкції заготовки та способу її виготовлення і визначення верстатів для обробки деталі, ми обрали найоптимальніший тип прокат деталі а саме «Пруток» який буде виконаний гарячекатаним прокатом. Конструкція заготовки була з припусками на діаметральний розмір 5 мм, і на кожен торець – 2.5 мм. Для обробки деталі обрали верстати такі як FEM1 784XL використання для відрізання заготовки. HAAS VF-2 для вертикально фрезерної обробки. HAAS ST-2 для точіння деталі. З ціми показниками ми визначили технологічний маршрут виготовлення деталі.

Розрахунки загальних та між операційних припусків на обробку деталі на такі розміри як, Ø50s6, Ø40p6, Ø23N6. Розробили та обґрунтували операції технологічного процесу, визначили засоби технологічного оснащення.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховали типи різання для всієї деталі за здалегіть використовуючи сайт Sandvik. Отже, при розрахунки режиму різання для деталі, ми про рахували технічне нормування технологічного процесу.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Напресування деталей

Напресування деталей з гарячою термообробкою – це процес з'єднання двох елементів, коли одна з деталей(отвір) нагрівається до заданої температури, а інша (вал) залишається холодною або має нижчу температуру. Цей метод базується на термічному розширенні металу, після якого під час охолодження відбувається стиснення та утворення міцного з'єднання.

Етапи процесу:

1. підготовка деталей:

отвір у деталі «Колесо» виготовляють з посадкою Н7.

Вал із посадкою s6, що забезпечує натяг.

Поверхні очищають від мастила та забруднень.

2. Нагрівання деталі з отвором:

нагрів відбувається до температури 180-300°C. Метод – електропід, індукційний нагрів, масляна ванна, нагрівання в термо-шафі.

Важливо не перегрівати деталь, щоб не змінити структуру металу. Перед нагріванням важливо уникати різких перепадів температур(для захисту від мікро тріщин).

3. Швидке напресування:

вал вставляється в отвір вручну або за допомогою преса.

Процес має бути швидким (в межах 10-20 сек), щоб уникнути втрати температури.

4. Охолодження:

при охолодженні деталь зменшується в об'ємі, створюючи стійке з'єднання з натягом.

Часто охолоджується на повітрі, рідше – у воді або мастилі.

Переваги гарячого напресування:

висока точність і надійність з'єднання;

відсутність потреби в зварюванні або болтах;

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зменшення ризику тріщин і напружень у матеріалі;

Підвищення довговічності вузла.

При такій короткій посадці й сталі 40Х з термообробкою і зварюванням, беремо жорстку посадку Н7/с6. Жорстка посадка дає, гарантоване фрикційне з'єднання, навіть при короткій довжині.

Сила напресування формула:

$$F = \pi * d * l * p$$

де:

d - діаметр посадки = 50мм,

l – довжина з'єднання = 6 мм,

p – конакний тиск, приблизно 50-90 МПА для термообробленої сталі.

При p = 90 МПА:

$$F = 3.14 * 50 * 6 * 90 * 10^6 = 84.8 \text{ кН}$$

Візьмемо до уваги що буде нагріватися деталь «Колесо». При нагріванні деталі її внутрішній отвір розширяється, натяг тимчасово зникає, і посадка відбувається без сили або з мінімальним зусиллям. Після охолодження утворюється міцне з'єднання з натягом. Розрахуємо розширення отвору при 250 °С:

Формула теплового розширення:

$$\Delta D = \alpha * D * \Delta T$$

де:

$\alpha = 12 * 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ (для сталі),

D = 50 мм,

$\Delta T = 250 - 20 = 230$

$$\Delta D = 12 * 10^{-6} * 50 * 230 = 0,138 \text{ мм}$$

Натяг Н7/с6: 0,021-0,064 мм. Отже, теплове розширення повністю перекриває натяг, і колесо легко сідає на вал без преса.

Для цього на потрібно:

- мідний або алюмінієвий молоток (постукування по торцю шестерні, без пошкоджень);

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- підкладка, для фіксації валу вертикально;
- центрувальні оправки, щоб шестерня не перекосилася під час посадки;
- рукавиці.

Послідовність ручного напресування:

1. нагрівання деталі «Колесо» до 250-300°C з використанням, газового пальника, електропечі або індукційної. Потрібно слідкувати, щоб нагрів був рівномірний.
2. Підготовка валу, він має бути чистим, сухим, злегка змащений мастилом (яке не використовується при нагріванні). Орієнтація вертикально на підставці.
3. Надягнути швидко деталь «Колесо», вирівняти вручну по осі, штовхнути руками або мідним молотком (бити молотком напругу по деталі не рекомендується).
4. Контролювати повне посадження, торці мають повністю прилягати.
5. Дати охолонути природньо (не використовуючи води).

Номінальний крутний момент роздаткової коробки NV125 оцінюється в межах 550-700 Н*м. В оригінальній деталі «Вал-шестерня» є зварні шви 6 мм. В нашій деталі вони також будуть.

Розрахунок з'єднання «Вал-шестерня» із напресуванням і зварюванням, яке має витримати крутний момент 700 Н*м за рахунок того що знайшли в літературних джерелах. Розглянемо, як працюють обидві частини з'єднання: фрикційна посадка та зварний шов.

Передача моменту через фрикційне з'єднання (натяг).

Формула фрикційне з'єднання (натяг):

$$M_{\text{натяг}} = \frac{1}{2} * p * \mu * \pi * d^2 * b$$

де:

p – контактний тиск, Па

μ - коефіцієнт тертя

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

d – діаметр вала

b – довжина напресування

$$M_{\text{натяг}} = \frac{1}{2} * 80 * 10^6 * 0.15 * \pi * (0.05)^2 * 0.006 = 282.7 \text{ Н} * \text{м}$$

Передача моменту через зварний шов.

Маємо два кільцеві шви:

- один по Ø50 мм (повний торець);
- один по Ø48 мм (через фаску).

Формула для опірної моменту шва:

$$W = \frac{1}{6} * b * h^2$$

де:

$b = \pi d$ – довжина по колу

h – катет шва

$$W_{\text{сумарне}} = \frac{1}{6} * (\pi * 50 + \pi * 48) * 6^2$$

Формула напруження в шві:

$$\tau = \frac{M_{\text{залишковий}}}{W}$$

де:

$$M_{\text{залишковий}} = M_{\text{загальни}} - M_{\text{натяг}} = 700 - 282.7 = 417.3 \text{ Н} * \text{м}$$

$$\tau = \frac{417300}{W_{\text{сумарне}}} \approx 378.9 \text{ МПа. [27]}$$

3.2. Розрахунки деталі на міцність

Проведемо аналіз напружено-деформованого стану методом скінченних елементів. збірки «Вал-шестерня» в програмі SolidWorks Simulation на посадку з натягом деталей.

Використаємо влаштований модуль в програмі SolidWorks «Simulation» виберемо «Study» (вивчення), «Static» тип дослідження обраний за рахунок того що, дозволяє обчислити переміщення, напруження, реакції опор та інші

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

параметри, необхідні для оцінки міцності конструкції. . Зафіксуємо деталь «вал під колесо» на торці Ø10 показано на рис.3.1.

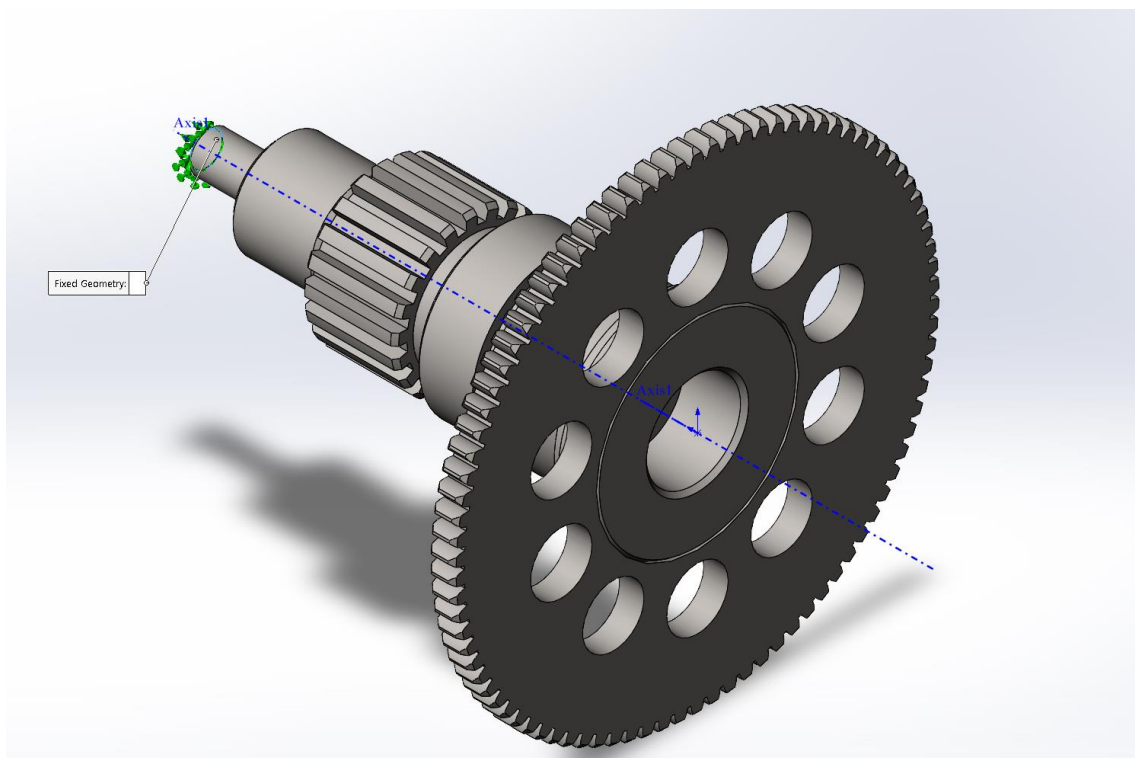


Рис.3.1 Закріплення торця Ø10

Після закріплення деталі вказуємо що деталі встановлюються на гарячу посадку, і обрали діаметральні розміри на який буде пресування. Рис.3.2.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

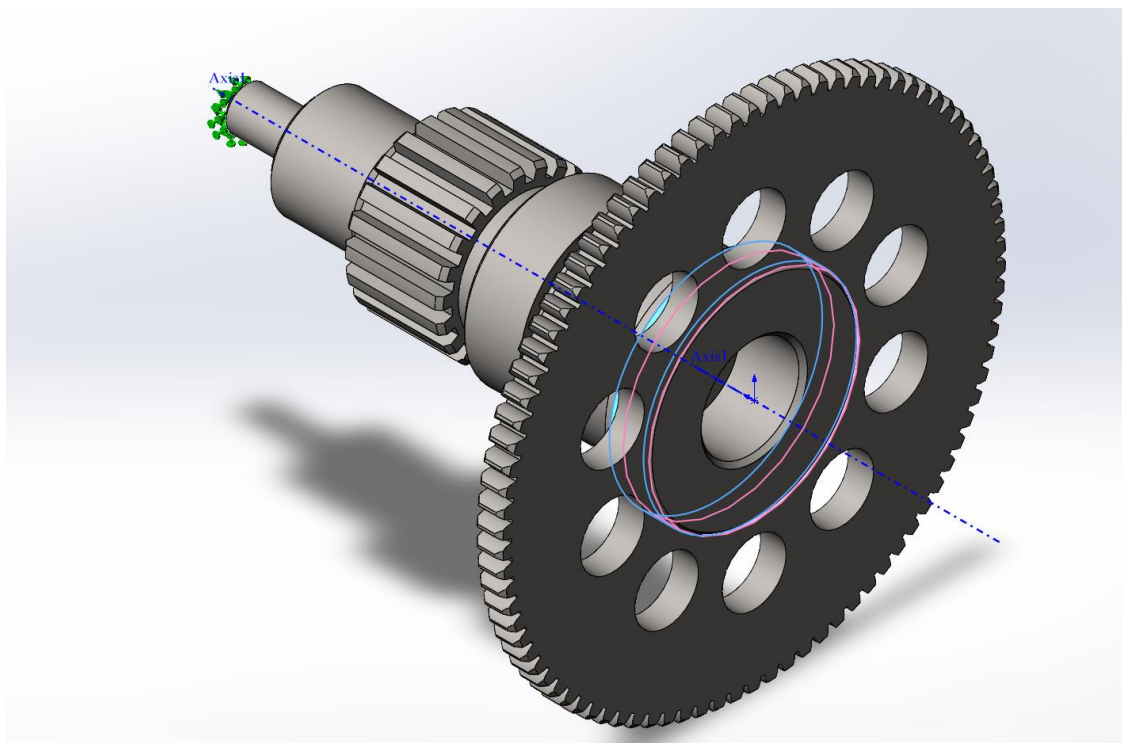


Рис. 3.2 Призначення гарячої посадки на Ø50

Запускаємо розрахунок. При розрахунках визначаємо максимальну деформацію нагрітої деталі «Колесо» мінімальне – 0 МРА, та максимальне 81.92 МРА на Рис.3.3.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

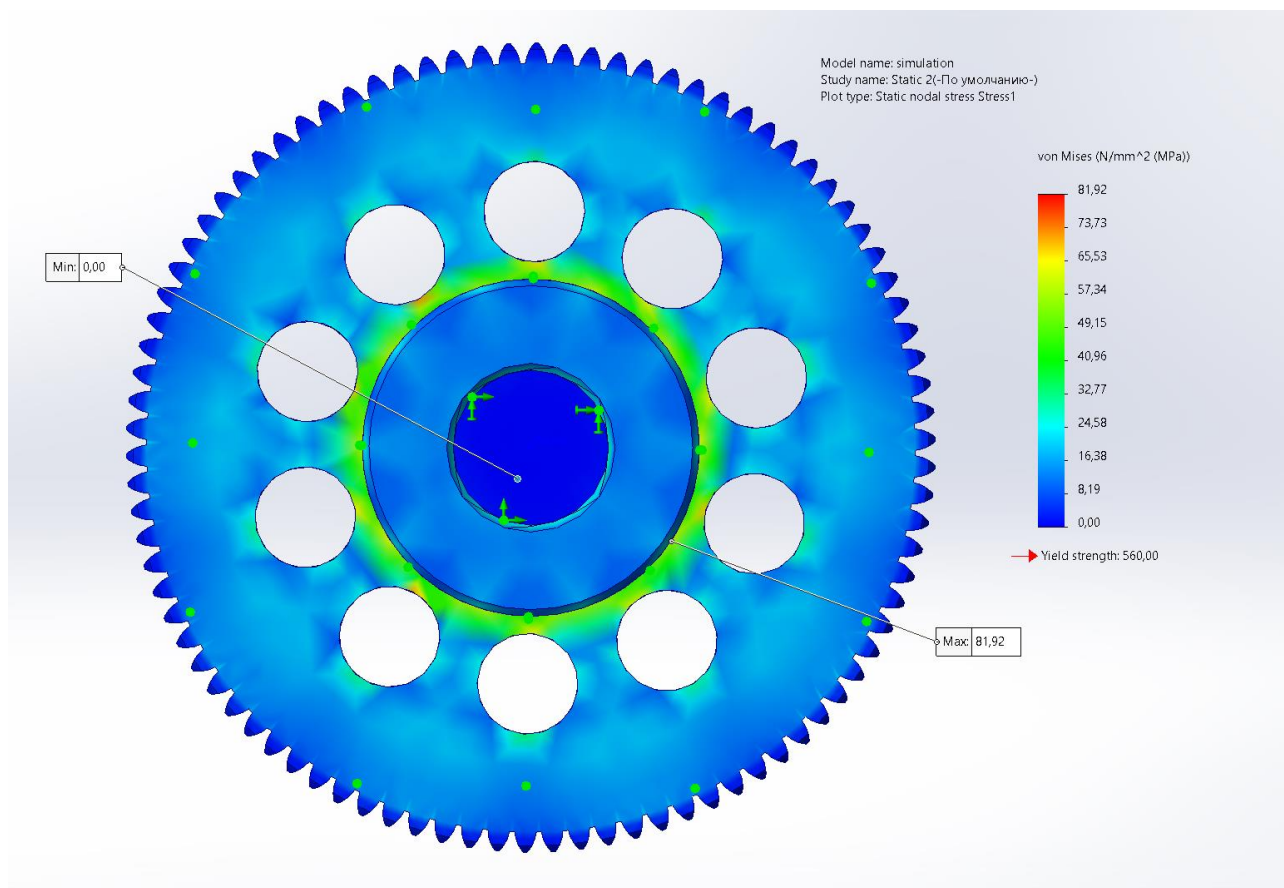
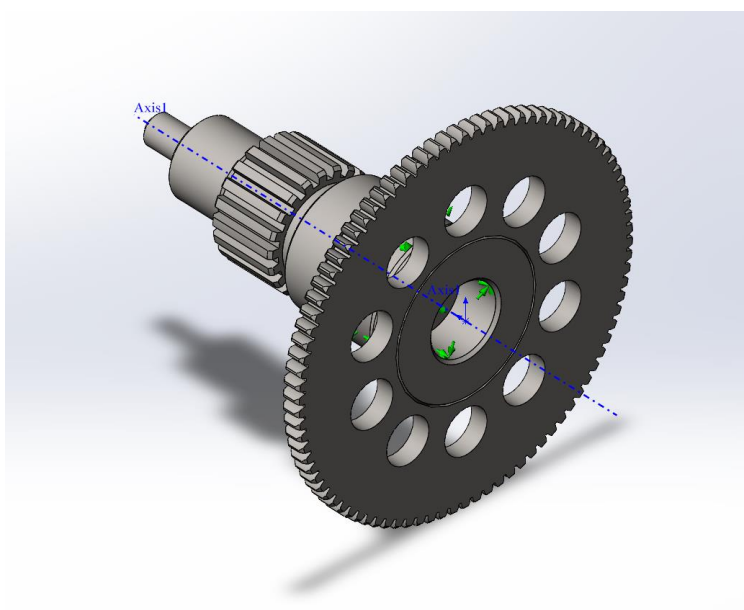


Рис.3.3 Стрес

Проведемо нове дослідження «Static» на крутний момент вузла. Задамо фіксування деталі підшипниками(Рис.3.4), зміщення по осі X і Z забрали.



					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						66
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

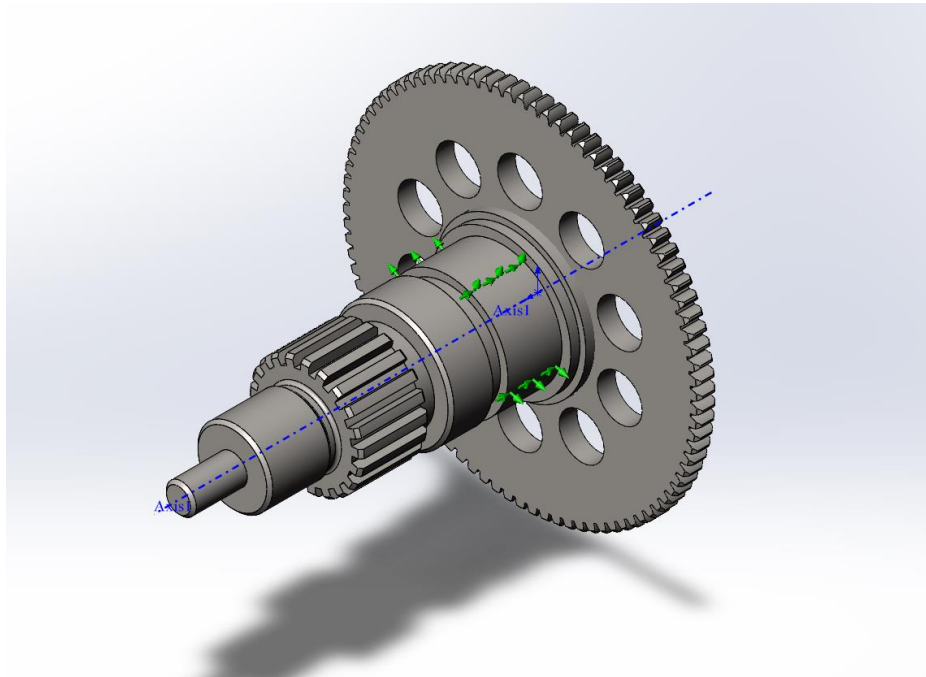


Рис.3.4 закріплення вузла

Після закріплення деталі вказуємо що деталі піддається крутному моменту.

Рис.3.5.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

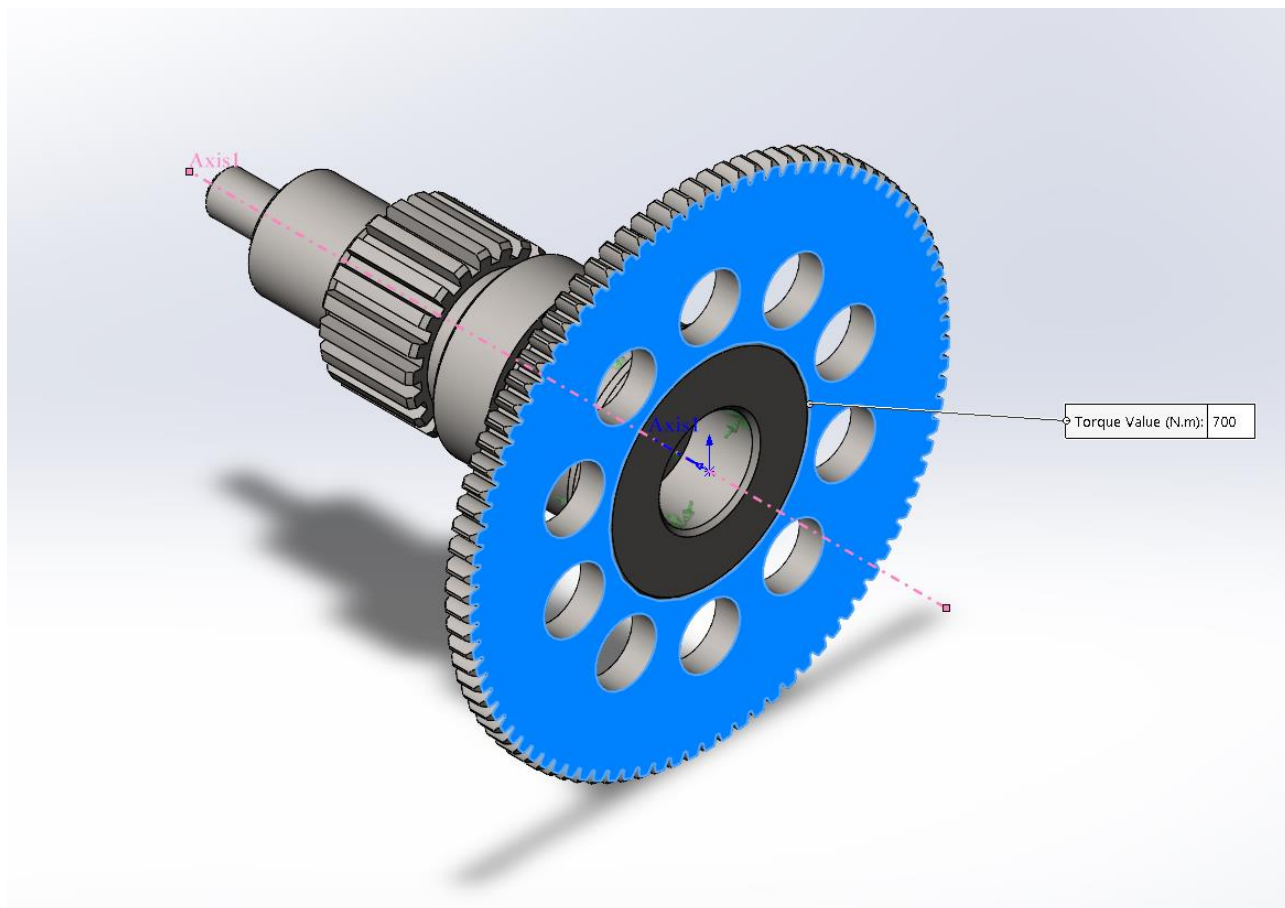


Рис.3.5. задання крутного моменту

Запускаємо розрахунок. При розрахунках визначаємо максимальну переміщення вузла та напруження:

Переміщення мінімальне – 0.006 мм., та максимальне 0.056 мм. на Рис.3.6;

Напруження мінімальне – 25.509 МПа, та максимальне 255.094 МПа на Рис.3.7;

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

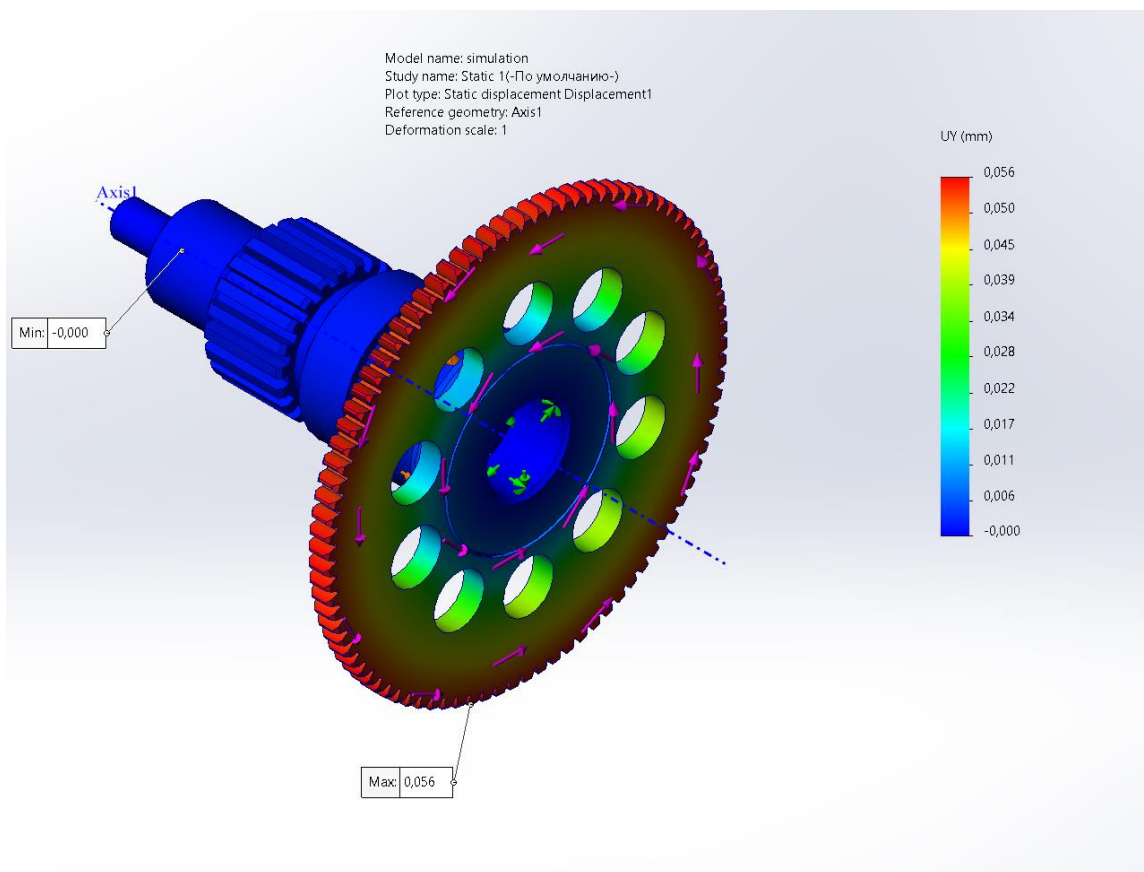


Рис.3.6. Переміщення вузла

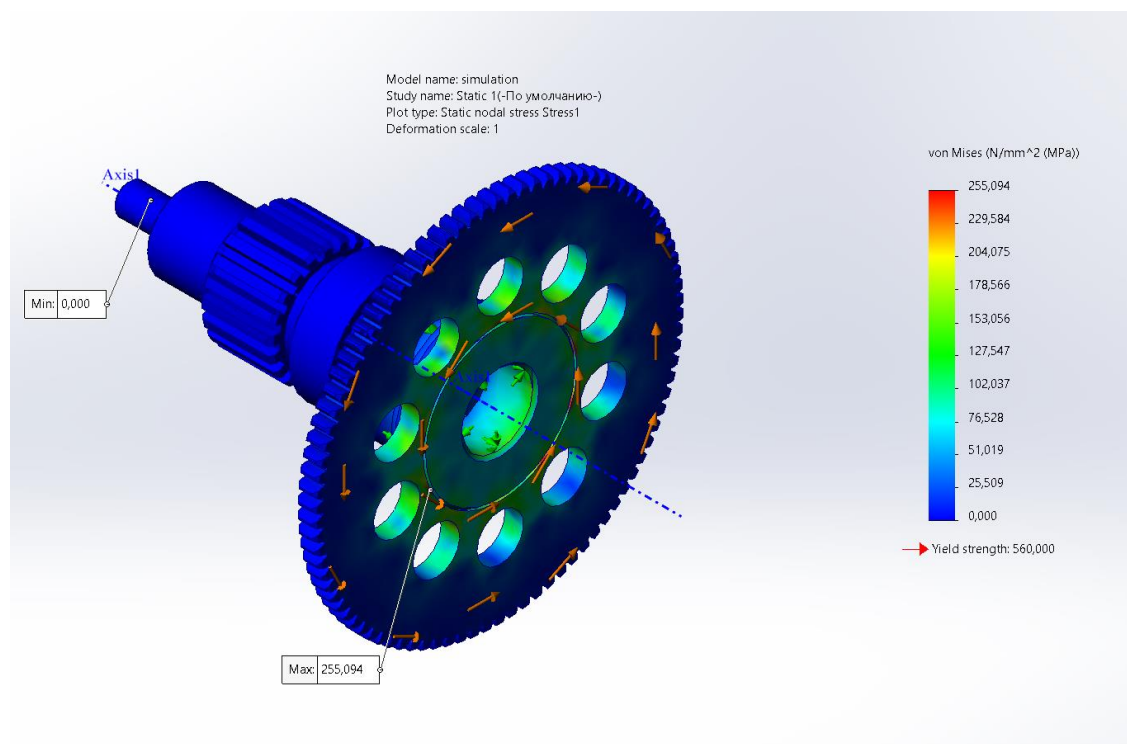


Рис. 3.7. Напруження вузла

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

3.3 Пояснення до керуючої програми (G-код)

В додаток зроблена керуюча програма(G-код) в програмі Autodesk Fusion 360.

Проводимо операцію 010 перехід 1 – точимо торець Ø50 на відстань 2.5 мм на рис. 3.8.

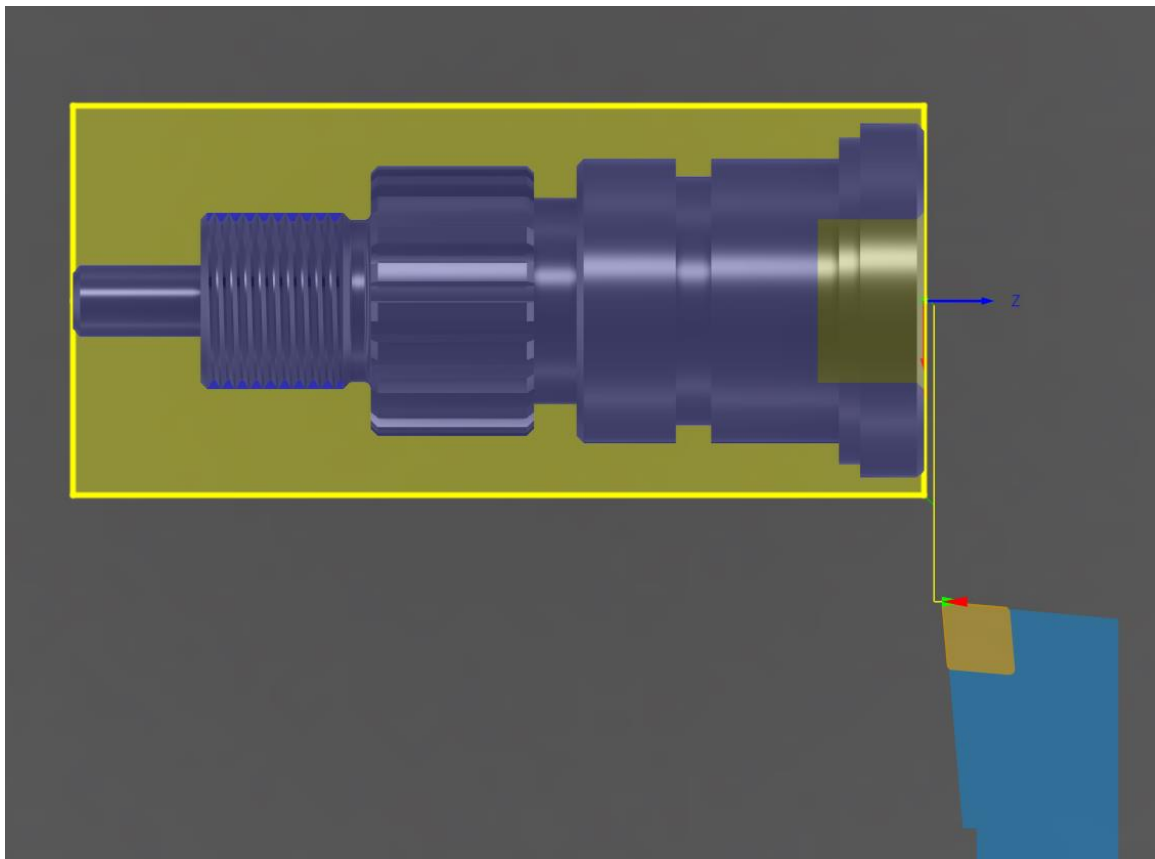


Рис. 3.8. Операція 010 перехід 1

Проводимо операцію 010 перехід 2 – точимо Ø50, на відстань 102 мм на рис. 3.9.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

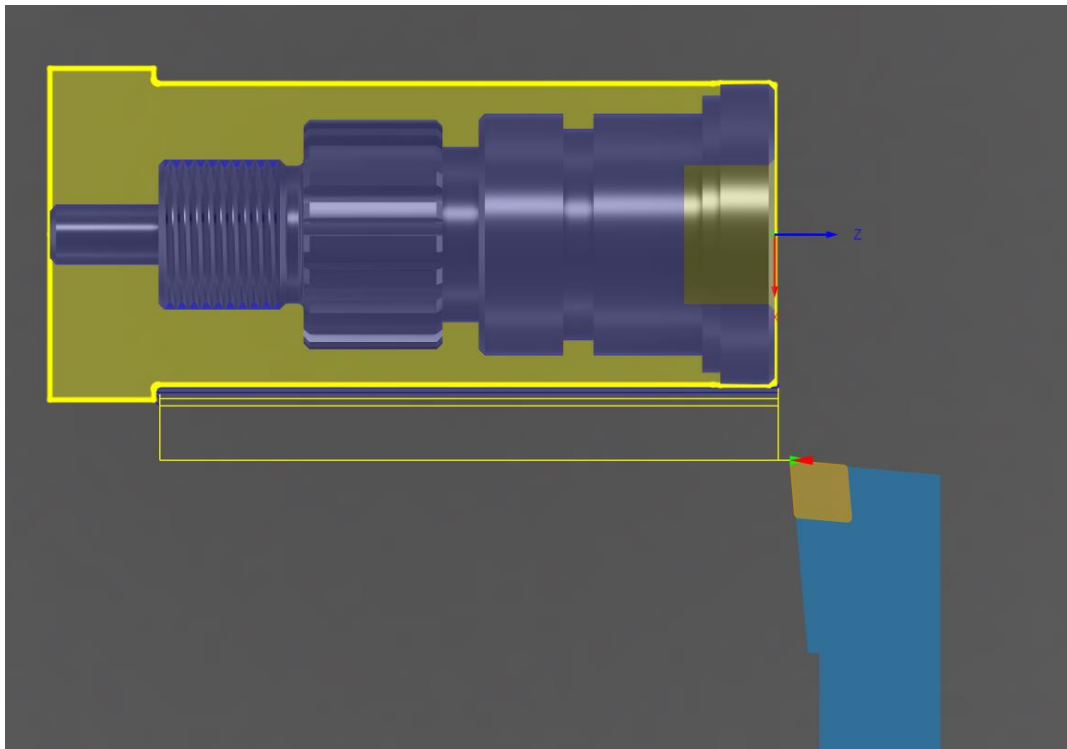


Рис.3.9. Операція 010 перехід 2

Проводимо операцію 010 перехід 3 – точимо $\varnothing 46$, на відстань 93 мм на рис. 3.10.

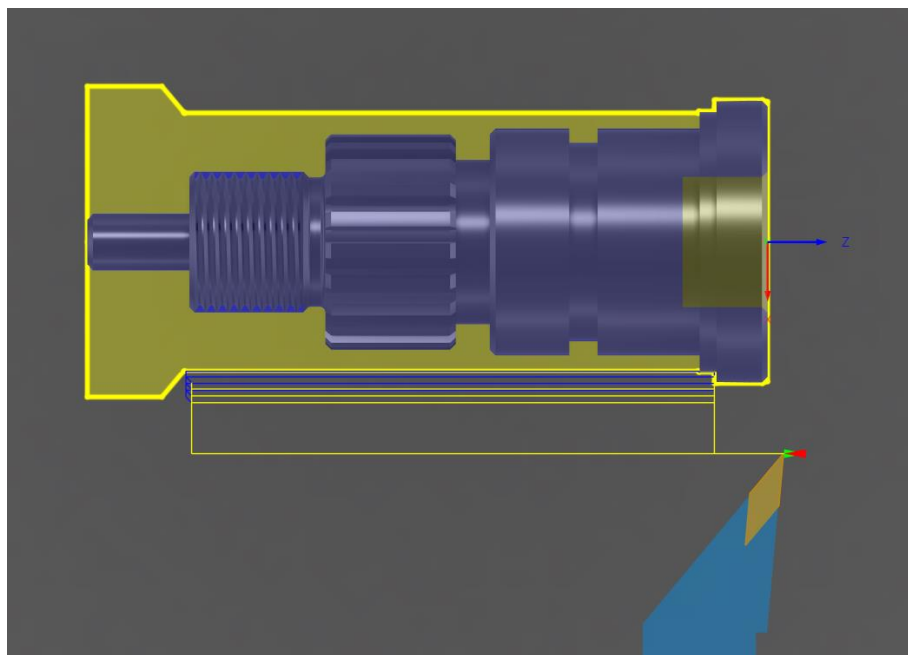


Рис.3.10. Операція 010 перехід 3

Проводимо операцію 010 перехід 4 – точимо $\varnothing 40$, на відстань 90 мм на рис. 3.11.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

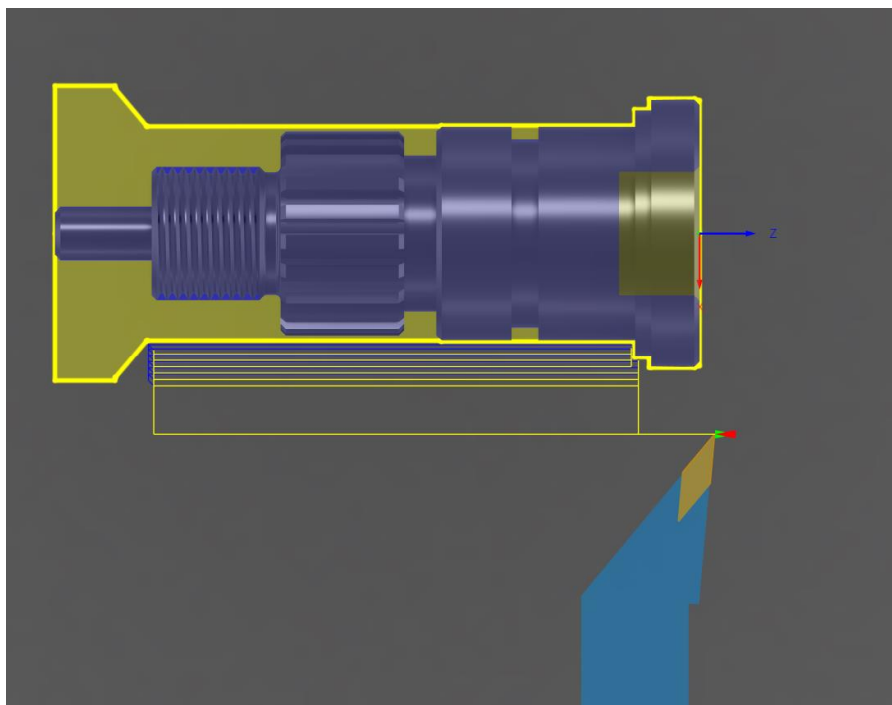


Рис.3.11. Операція 010 перехід 4

Проводимо операцію 010 перехід 5 – точимо $\varnothing 38$, на відстань 47 мм. на рис. 3.12.

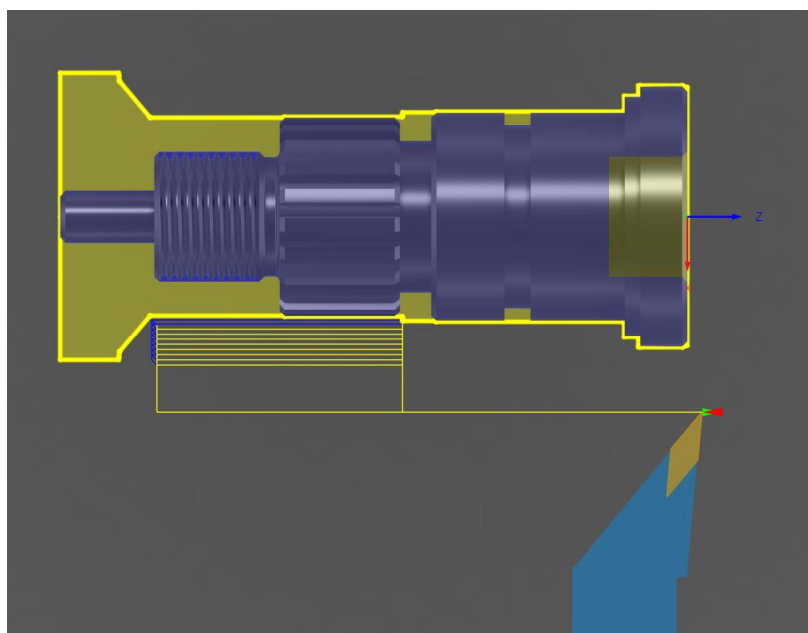


Рис.3.12. Операція 010 перехід 5

Проводимо операцію 010 перехід 6 – точимо $\varnothing 25$, на відстань 24 мм. на рис. 3.13.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

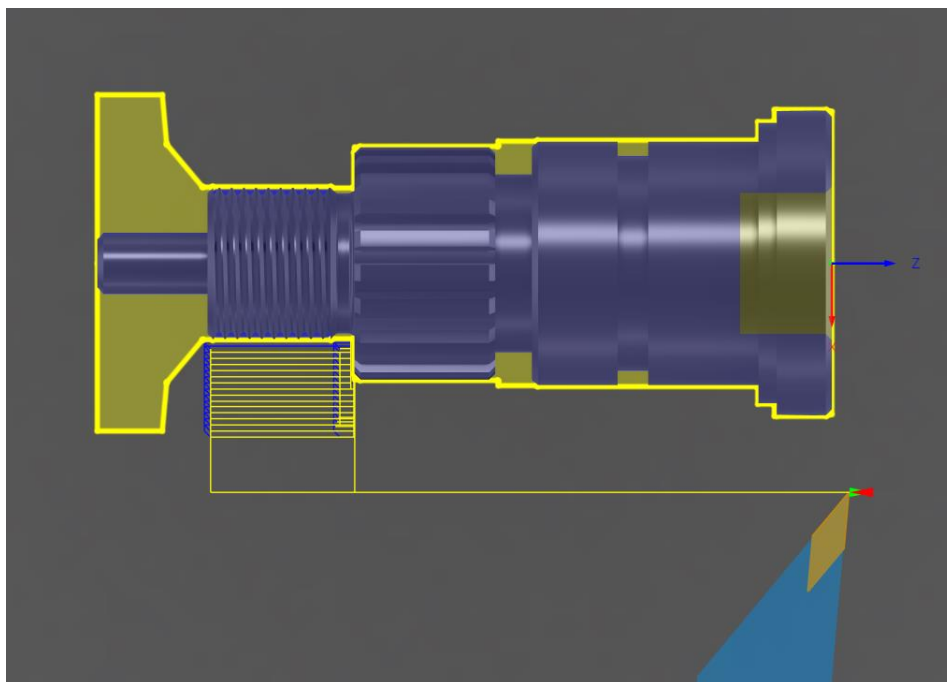


Рис.3.13. Операція 010 перехід 6

Проводимо операцію 010 перехід 7 – точимо канавку з $\varnothing 40$ довжиною 5 мм., глибиною 2.5 мм., на рис. 3.14.

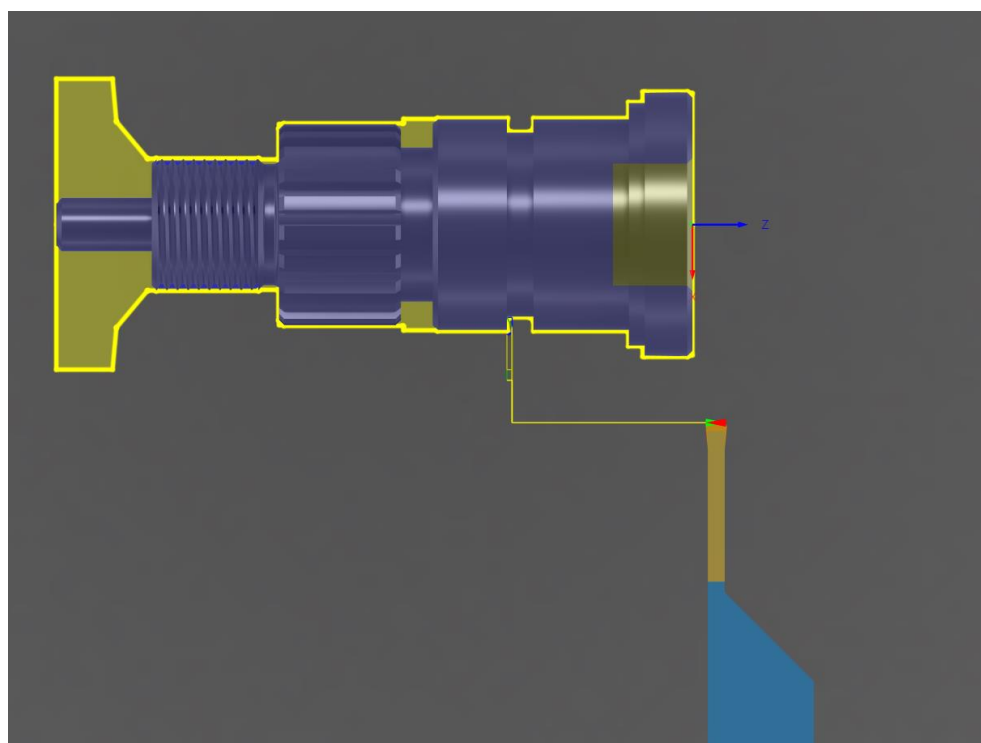


Рис.3.14. Операція 010 перехід 7

Проводимо операцію 010 перехід 8 – точимо канавку з $\varnothing 40$ довжиною 9 мм., глибиною 5.5 мм., на рис.3.15.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

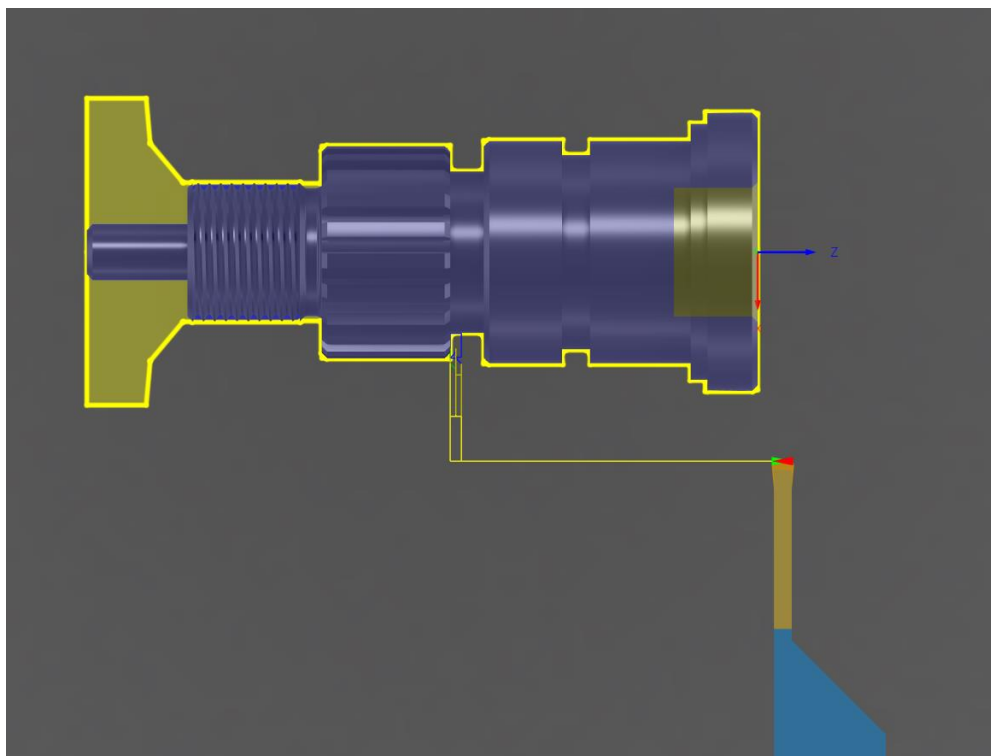
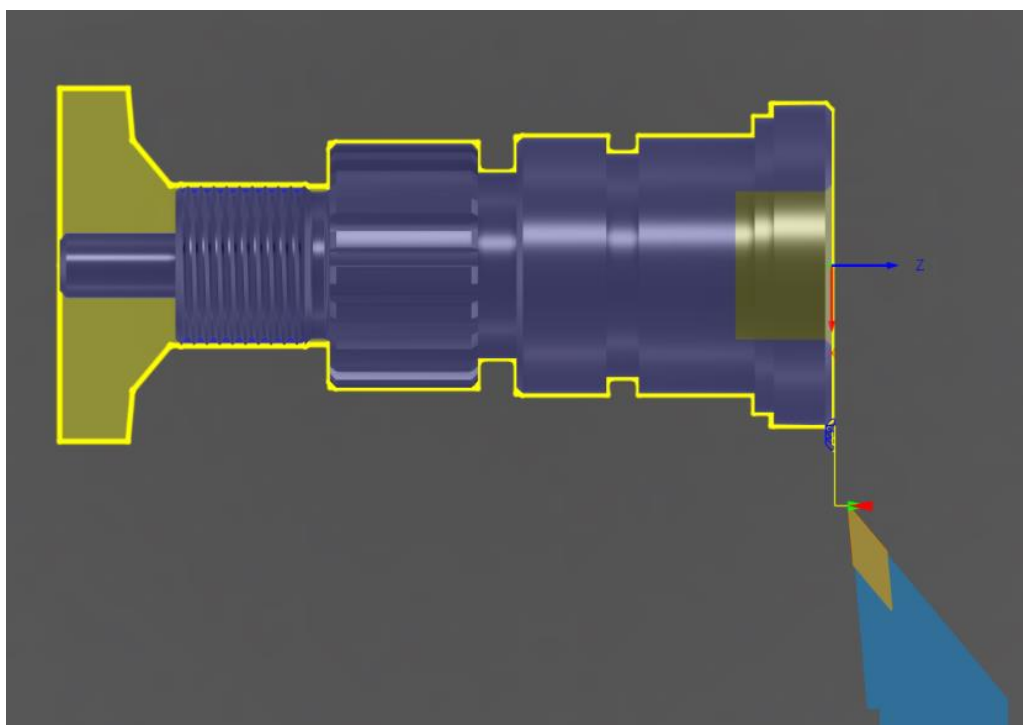


Рис.3.15. Операція 010 перехід 8

Проводимо операцію 010 перехід 9 – точимо фаску $1 \times 45^\circ$ на $\varnothing 50$ та $\varnothing 38$, на рис. 3.16.



					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

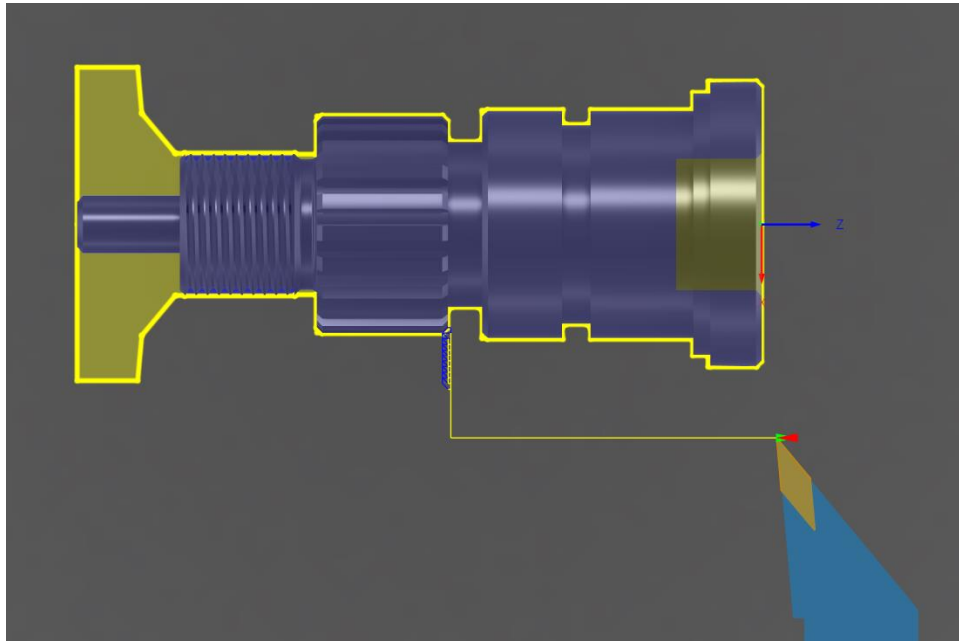


Рис.3.16. Операція 010 перехід 9

Проводимо операцію 015 перехід 1 – пере вставлення деталі на базу А, та проведення переходу 2 – точимо торець точимо торець Ø10 на відстань 2.5 мм на рис. 3.17.

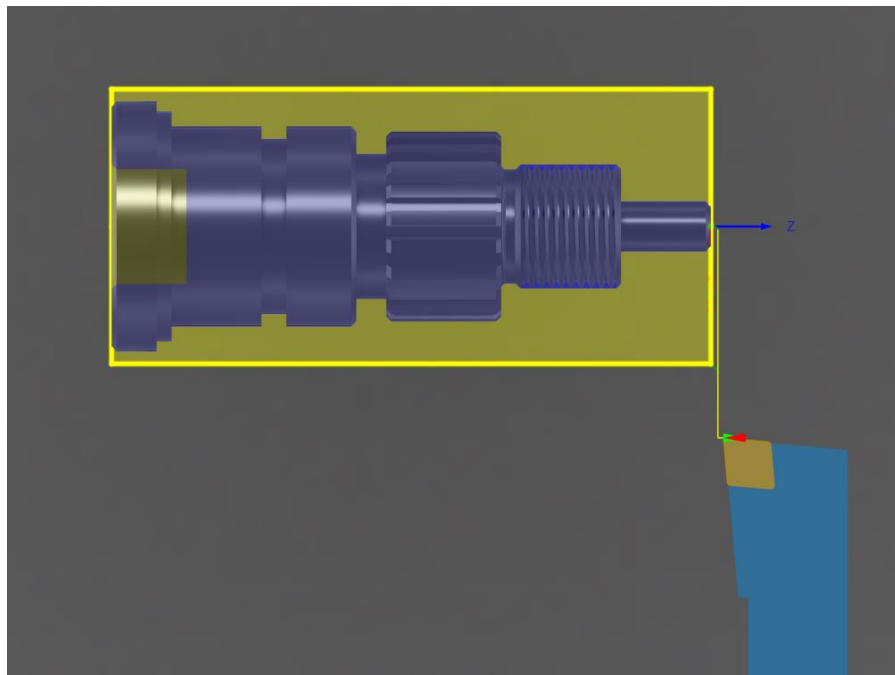


Рис.3.17. Операція 015 перехід 1

Проводимо операцію 015 перехід 2 – точимо Ø10, на відстань 18 мм. на рис. 3.18.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

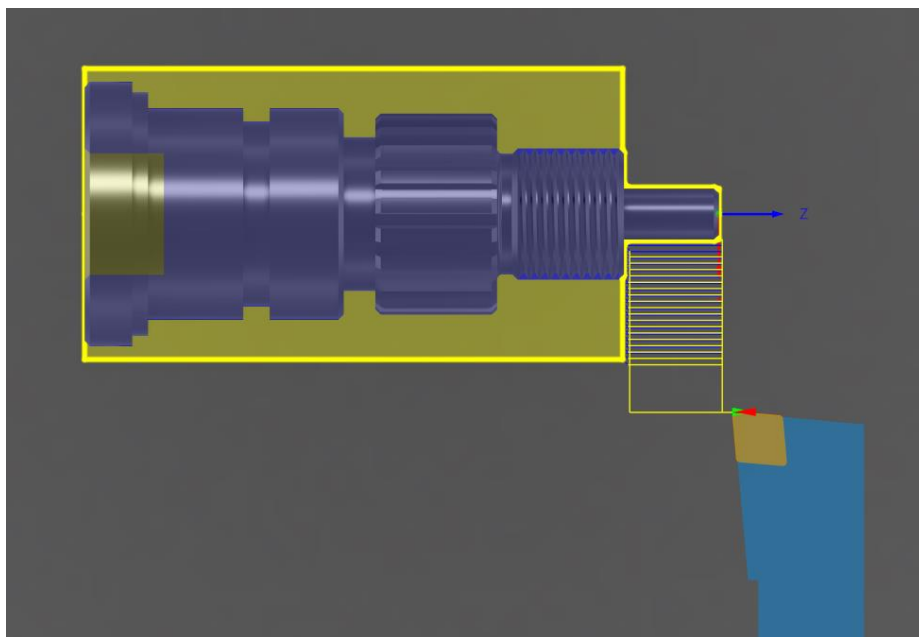


Рис.3.18. Операція 015 перехід 2

Проводимо операцію 015 перехід 3 – нарізаємо різьбу M25x1.5, на відстань 21 мм. на рис. 3.19.

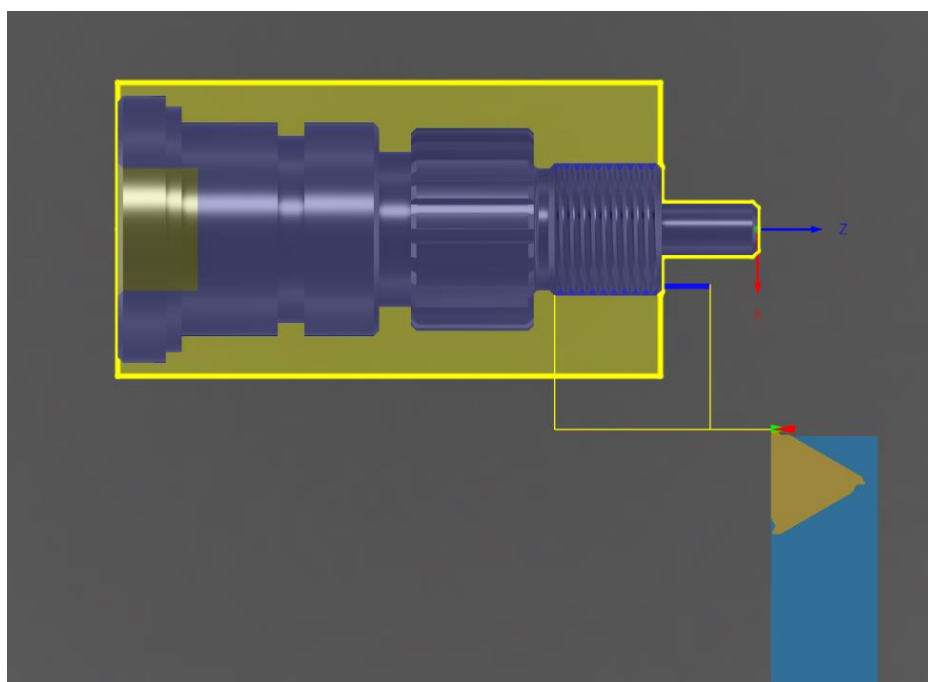


Рис.3.19. Операція 015 перехід 3

Проводимо операцію 015 перехід 4 – точимо фаску 1x45° на Ø10, на рис. 3.20.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

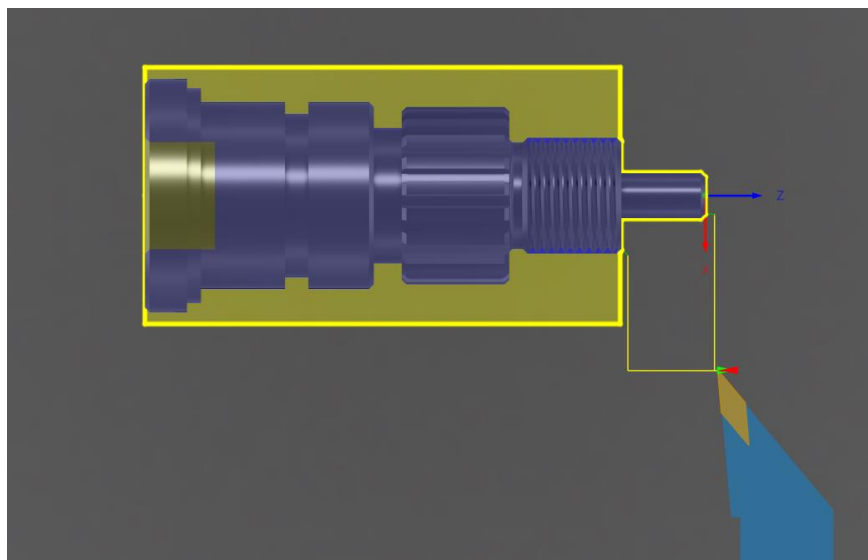


Рис.3.20. Операція 015 перехід 4

Проводимо операцію 020 перехід 1 – пере вставлення деталі за базу Б, та проведення переходу 2 –свердління Ø20 на відстань 15 мм по центру торця Ø50 на рис. 3.21.

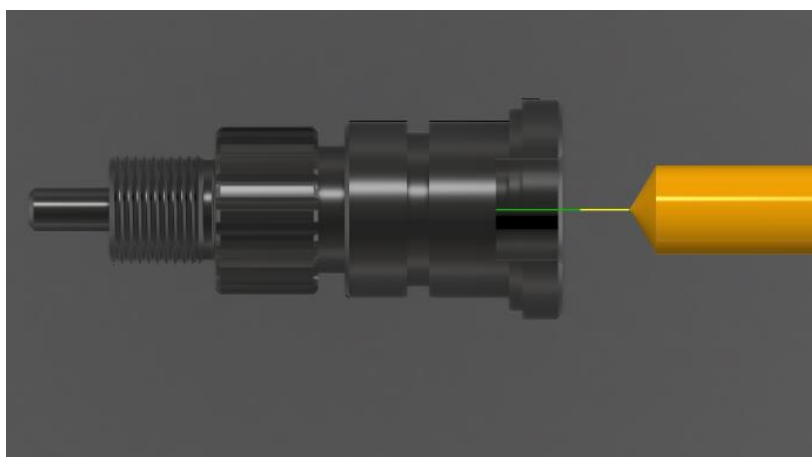


Рис.3.21. Операція 020 перехід 1

Проводимо операцію 020 перехід 2 –розточуємо на чорно отвір Ø20 до Ø23 на рис. 3.22.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

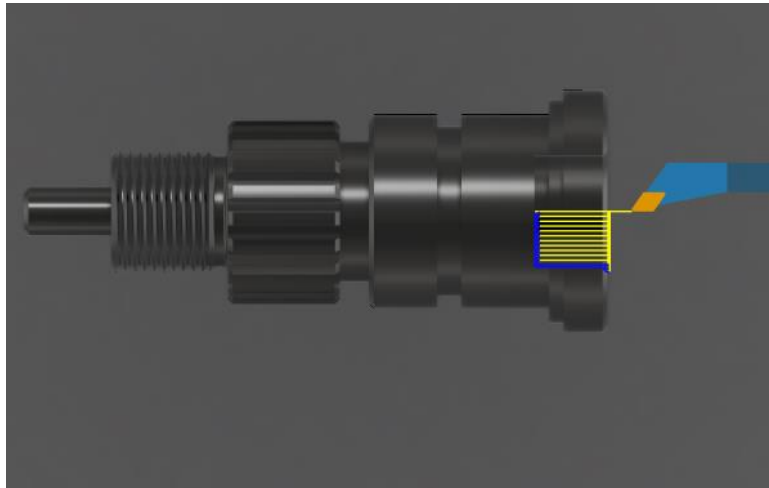


Рис.3.22. Операція 020 перехід 2

Проводимо операцію 020 перехід 3 – розточуємо на чисто отвір Ø23 на чисто на рис. 3.23.

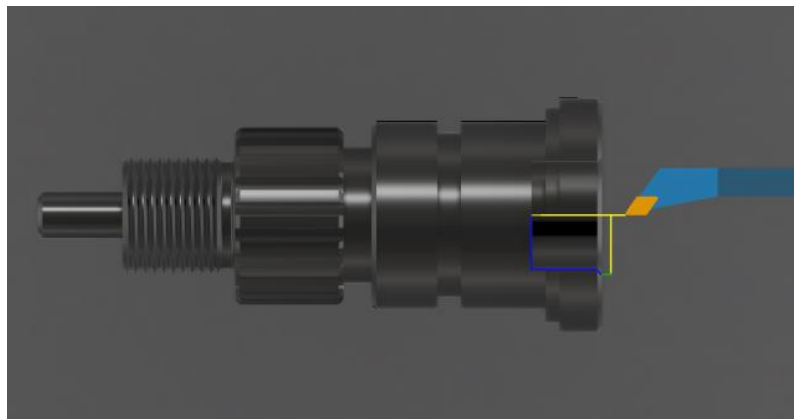


Рис.3.23. Операція 020 перехід 3

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок до спеціального розділу

В цьому розділі було розраховано напресування деталей та зварного шва, з літературних джерел визначили що роздавальної коробки NV125, номінальний крутний момент оцінюється в межах 550-700 Н*м, тобто на деталь «Вал-шестерня» також. З ціми визначеннями розраховали посадки та катет бмм зварного шва.

Зробили дослідження деталі на напруження та деформація, гарячої посадки в програмі SolidWorks в модулі «Simulation». Розглянули закріплення деталі, та напруження на гарячу посадку. Зробили пояснення керуючої програми G-код. Розглянули операцію №010, 015, 020.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОК ДО БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

У ході виконання бакалаврської роботи було проведено всебічне аналітичне дослідження функціонального призначення вал-шестерні в конструкції роздавальної коробки NV125. Здійснено огляд літературних джерел щодо особливостей виготовлення, монтажу та експлуатації даного типу з'єднання. На основі аналізу реальної збірки роздавальної коробки розроблено робоче креслення вала-шестерні.

Проведено оцінку технологічності деталі для умов середньосерійного виробництва. Визначено річну програму випуску та оптимальні методи обробки, що включають токарну обробку на верстаті HAAS ST-20, напресування з натягом H7/s6 та зварювання кільцевим швом.

Виконано силовий розрахунок посадки з натягом і зварного з'єднання, визначено розподіл крутного моменту між фрикційною посадкою та зварним швом. Проведено аналіз міцності зварного з'єднання при максимальному моменті, що передається через вузол, та обґрунтовано вибір катета шва.

Розраховано міжопераційні припуски, режими різання, а також визначено тривалість обробки на всіх етапах згідно з технічним нормуванням. Моделювання вузла проведено в середовищі SolidWorks, а також створено керуючу програму обробки в Autodesk Fusion 360.

Проведено аналіз безпечного виконання робіт зі зварювання та напресування, дотримання вимог охорони праці на всіх етапах виготовлення та складання вузла.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЛІТЕРАТУРА

1. Сервіс Автоіндустрія. Роздавальна коробка: функція та принцип [Електронний ресурс] // Avtoindustriya.com. – Режим доступу: <https://avtoindustriya.com/blog/uk/funkcii-rozdavalnoi-korobky/>. – Дата звернення: 12.04.2025.
2. Вікіпедія. Роздавальна коробка [Електронний ресурс] // Wikipedia – вільна енциклопедія. – Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Роздавальна_коробка.
3. BMW AG. Technical Information System (TIS): BMW X5 E53 [Електронний ресурс] // NewTIS.info. – Режим доступу: <https://www.newtis.info>.
4. Рибінський Ю. В. Діагностика та технічне обслуговування трансмісій : навч. посіб. / Ю. В. Рибінський. – Київ : Арістей, 2017. – 200 с.
5. Шишкін А. М. Технологія машинобудування. Частина 2: Обробка, складання, контроль : підручник / А. М. Шишкін. – Київ : Ліра-К, 2015. – 432 с.
6. Белов Г. М. Відновлення деталей машин : навч. посіб. / Г. М. Белов, В. А. Роговий. – Київ : Вища школа, 2008. – 296 с.
7. Коломієць С. І. Сучасні технології відновлення деталей машин : монографія / С. І. Коломієць, І. М. Литвиненко. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 180 с.
8. Кожем'яко В. П. Основи технології ремонту автомобілів : навч. посіб. / В. П. Кожем'яко, І. М. Петров. – Харків : НТУ «ХП», 2014. – 224 с.
9. ДСТУ 3953:2000. Сталь конструкційна легована. Технічні умови. – [Чинний від 2001-07-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2000. – 29 с.
10. Коломієць С. І. Сучасні технології відновлення деталей машин : монографія / С. І. Коломієць, І. М. Литвиненко. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2016. – 180 с.
11. Васильєв С. Г. Сучасне машинобудування: практичні аспекти : навч. посіб. / С. Г. Васильєв, В. А. Лапін. – Київ : НАУ, 2020. – 248 с.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

12. YouTube відео: Відео з назвою (BMW X5 2002 E53 Transfer Case Full Rebuild (NV125) Part 1)— [Відео на YouTube]. — URL: <https://youtu.be/4J0gBAnMsM0>.
13. YouTube відео: Відео з назвою (BMW X5 2002 E53 Transfer Case Full Rebuild (NV125) Part 2)— [Відео на YouTube]. — URL: <https://youtu.be/fx1E0ZRBURQ>.
14. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: Навчально-методичний посібник /В.В.Ковальов, Л.Г.Полонський,В.В.Серов та інш. ; - Житомир: ЖДТУ, 2008. – 211 с
15. Мельничук П.П., Боровик А.І., П.А. Лінчевський. Технологія машинобудування: Підручник. - Житомир.: ЖДТУ, 2005. - 924 с.
16. Основи формоутворення поверхонь при механічній обробці: Навчальний посібник. / Н.С. Равська, П.П.Мельничук, О.В.Мамлюк, Ніколаєнко Т.П., Охріменко О.А. – Київ, 2013. – 215 с.
17. BMW AG. Technical Information System (TIS): BMW X5 E53 [Електронний ресурс] // NewTIS.info. – Режим доступу: <https://www.newtis.info>.
18. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок: Підручник. – Львів: Світ, 1996. – 368 с.
19. FEMI. **Стрічкова пилка FEMI 784XL**: технічні характеристики [Електронний ресурс] // Офіційний сайт FEMI S.p.A. – Режим доступу: <https://www.femi.it>
20. HAAS Automation, Inc. Обробний центр вертикальний HAAS VF-2: технічні характеристики [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Haas Automation. – Режим доступу: <https://www.haascnc.com>.
21. HAAS Automation, Inc. Токарний верстат з ЧПК HAAS ST-20: технічні характеристики [Електронний ресурс] // Офіційний сайт Haas Automation. – Режим доступу: <https://www.haascnc.com>.
22. Руденко П. А. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні. Навчальний посібник. -К.: Вища школа,1985, - 255 с.

					МІ 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

23. Довідник технолога машинобудівника, Том 2, Косилова А.Г., Мещеряков Р.П.
24. Яновський В.А., Сніцар В.Г. Технологічна оснастка. Практичні заняття. Навчально-методичний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2005. – 120 с.
25. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Навчальний посібник / Під заг.ред.В.А. Кириловича. –Житомир: ЖІТІ, 2001.– 600 с.
26. Sandvik Coromant. Металорізальний інструмент та технічна підтримка [Електронний ресурс] // *Офіційний сайт Sandvik Coromant*. – Режим доступу: <https://www.sandvik.coromant.com>.
27. Адаменко Ю. І., Герасимчук О. М., Майданюк С. В., Мініцька Н. В., Пасічник В. А., Плівак О. А. Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 2. Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016. 188 с.
28. **ТОВ «СПЛАВ»**. Сталь 40Х – хімічний склад, властивості, застосування [Електронний ресурс] // splav-kharkov.com. – Режим доступу: https://www.splav-kharkov.com/mat_start.php?name_id=32.

					МП 131.00.1/Б 102/с 018 00 - ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

ДОДАТКИ

Операція 010		
%	S849 M3	M1
O01001	G0 Z2.5	T303
G98 G18	X75.	G99
G21	G50 S4000	G18
G50 S4000	G96	G97
G53 G0 X0.	S200 M3	S849 M3
G53 Z0.	G1 Z0.6 F1000.	G54
(Face1)	X55.	M8
T101	X52.6	G0 Z2.9
G99	Z-102.8	X75.
G18	X55.	G50 S4000
G97	X57. Z-101.8	G96
S749 M3	Z0.6	S200 M3
G54	X52.6	G1 Z-9.4 F1.
M8	X51.066	X52.6
G0 Z2.5	Z-102.8	Z-102.6
X85.	X52.6	X55.
G50 S4000	X54.6 Z-101.8	X57. Z-101.6
G96	Z0.6	Z-9.4
S200 M3	X51.066	X50.2
Z1.414	X49.531	Z-102.6
X65.	Z-1.093	X52.6
G1 X57.828 F1.	X50.2 Z-1.427	X54.6 Z-101.6
X55. Z0.	Z-9.839	Z-9.4
X-1.6	X49.994 Z-11.017	X47.9
X1.228 Z1.414	Z-102.8	Z-102.6
G0 X85.	X51.066	X50.2
Z2.5	X53.066 Z-101.8	X52.2 Z-101.6
G97	X75.	Z-9.4
S749 M3	Z2.5	X47.4
(Profile Roughing1)	G97	X46.2
G98	S849 M3	Z-12.1
G18	M9	X45.6
G97	G53 G0 X0.	Z-102.6
	G53 Z0.	

Операція 010		
X47.9	X45.4	G99
X49.9 Z-101.6	Z-102.6	G18
X75.	X47.8	G97
Z2.9	X49.8 Z-101.6	849 M3
G97	Z-12.7	G0 Z2.9
S849 M3	X46.6	X75.
(Profile Roughing10)	Z-12.1	G50 S4000
G99	X43.	G96
G18	Z-102.6	S200 M3
G97	X45.4	Z-54.5
S849 M3	X47.4 Z-101.6	X53.
G0 Z2.9	Z-12.7	G1 Z-102.5 F1.
X75.	X44.2	X55.
G50 S4000	Z-12.1	X57. Z-101.5
G96	X41.441	G0 Z-54.5
S200 M3	Z-102.6	X51.
G1 Z-11.4 F1.	X43.	G1 Z-102.5 F1.
X52.6	X45. Z-101.6	X53.
Z-102.6	Z-12.7	X55. Z-101.5
X55.	X42.641	G0 Z-54.5
X57. Z-101.6	Z-12.1	X49.
Z-11.4	X40.2	G1 Z-102.5 F1.
X50.2	Z-47.924	X51.
Z-102.6	X39.883 Z-48.083	X53. Z-101.5
X52.6	Z-102.6	G0 Z-54.5
X54.6 Z-101.6	X41.441	X47.
Z-11.4	X43.441 Z-101.6	G1 Z-102.5 F1.
X47.8	X75.	X49.
Z-102.6	Z2.9	X51. Z-101.5
X50.2	G97	G0 Z-54.5
X52.2 Z-101.6	S849 M3	X45.
Z-11.4		G1 Z-102.5 F1.
X47.4		X47.
X46.2		
Z-12.1		

Операція 010		
X49. Z-101.5 G0 Z-54.5 X43. G1 Z-102.5 F1. X45. X47. Z-101.5 G0 Z-54.5 X41. G1 Z-102.5 F1. X43. X45. Z-101.5 G0 Z-54.5 X39.441 G1 Z-102.5 F1. X41. X43. Z-101.5 G0 Z-54.5 X39.2 G1 X38.2 F1. Z-76.924 X37.883 Z-77.083 Z-102.5 X39.441 X41.441 Z-101.5 G0 X75. Z2.9 G97 S849 M3	G99 G18 G97 S849 M3 G0 Z2.9 X75. G50 S4000 G96 S200 M3 Z-77.941 X53. G1 Z-81.376 F1. X55. X57. Z-80.376 G0 Z-77.941 X51. G1 Z-81.376 F1. X53. X53.51 Z-81.121 G0 Z-77.941 X49. G1 Z-81.376 F1. X51. X52.02 Z-80.866 G0 Z-77.941 X47. G1 Z-81.376 F1. X49. X50.529 Z-80.611 G0 Z-77.941 X45. G1 Z-81.376 F1. X47. X49. Z-80.376	G0 Z-77.941 X43. G1 Z-81.376 F1. X45. X47. Z-80.376 G0 Z-77.941 X41. G1 Z-81.376 F1. X43. X45. Z-80.376 G0 Z-77.941 X39. G1 Z-81.376 F1. X41. X43. Z-80.376 G0 Z-77.941 X37.166 G1 X37. F1. Z-81.376 X39. X41. Z-80.376 G0 Z-77.941 X37.166 G1 X36.166 F1. X35.849 Z-78.1 X35. Z-81.376 X37. X39. Z-80.376 G0 Z-78.6 X36. G1 Z-78.1 F1.

Операція 010		
X33. Z-81.376 X35. X37. Z-80.376 G0 Z-78.6 X34. G1 Z-78.1 F1. X31. Z-81.376 X33. X35. Z-80.376 G0 Z-78.6 X32. G1 Z-78.1 F1. X29. Z-81.376 X31. X33. Z-80.376 G0 Z-78.6 X30. G1 Z-78.1 F1. X27. Z-81.376 X29. X31. Z-80.376 G0 Z-78.6 X28. G1 Z-78.1 F1. X25.8 Z-81.376 X27. X29. Z-80.376 G0 X53.	Z-78.1 G1 Z-102.5 F1. X55. X57. Z-101.5 G0 Z-78.1 X51. G1 Z-102.5 F1. X53. X55. Z-101.5 G0 Z-78.1 X49. G1 Z-102.5 F1. X51. X53. Z-101.5 G0 Z-78.1 X47. G1 Z-102.5 F1. X49. X51. Z-101.5 G0 Z-78.1 X45. G1 Z-102.5 F1. X47. X49. Z-101.5 G0 Z-78.1 X43. G1 Z-102.5 F1. X45. X47. Z-101.5 G0 Z-78.1 X41. G1 Z-102.5 F1. X43.	X45. Z-101.5 G0 Z-78.1 X39. G1 Z-102.5 F1. X41. X43. Z-101.5 G0 Z-78.1 X37. G1 Z-102.5 F1. X39. X41. Z-101.5 G0 Z-78.6 X35. G1 Z-78.1 F1. Z-102.5 X37. X39. Z-101.5 G0 Z-78.6 X33. G1 Z-78.1 F1. Z-102.5 X35. X37. Z-101.5 G0 Z-78.6 X31. G1 Z-78.1 F1. Z-102.5 X33. X35. Z-101.5 G0 Z-78.6 X29. G1 Z-78.1 F1. Z-102.5

Операція 010		
X31.	G97	G1 X41.625
X33. Z-101.5	S849 M3	Z-35.
G0 Z-78.6	M9	G2 X40.89 Z-34.5 I-1.612 K-0.8
X27.	G53 X0.	G1 Z-34.
G1 Z-78.1 F1.	G53 Z0.	X38.4
Z-102.5	(Groove1)	X35.
X29.	M1	Z-35.
X31. Z-101.5	T505	X38.528 Z-34.057
G0 Z-78.6	G99	X39.
X25.941	G18	G0 X75.
G1 Z-78.1 F1.	G97	Z2.5
Z-102.5	S849 M3	G97
X27.	G54	S849 M3
X29. Z-101.5	M8	(Groove2)
G0 Z-78.6	G0 Z2.5	G99
X26.8	X75.	G18
G1 Z-78.1 F1.	G50 S4000	G97
X24.6	G96	S849 M3
Z-81.376	S200 M3	G0 Z2.5
X25.8	Z-34.	X75.
X27.8 Z-80.376	X59.	G50 S4000
G0 Z-78.6	G1 X55. F1.	G96
X24.883	X41.625	S200 M3
G1 Z-78.1 F1.	X59.	Z-53.
Z-81.517	G0 Z-35.	X59.
X25.022 Z-81.587	G1 X55. F1.	G1 X55. F1.
Z-101.013	X41.625	X39.891
X24.883 Z-101.083	X55.	X59.
Z-102.5	Z-34.	G0 Z-54.
X25.941	X45.625	G1 X55. F1.
X27.941 Z-101.5	X41.625	X34.4
G0 X75.	G3 X40.89 Z-34.5 I-1.612 K0.8	X58.464
Z2.9	G1 X41.625	

Операція 010		
G0 X59. Z-55. G1 X55. F1. X37.891 X39.896 X41.896 Z-54. X43.891 Z-53. X39.891 X38.946 Z-53.473 G3 X36.4 Z-54. I-1.273 K1.273 G1 X34.4 X37.891 Z-55. X36.946 Z-54.527 G2 X34.4 Z-54. I-1.273 K-1.273 G1 X37.531 Z-53. X29. Z-55. X34.4 X38.4 G0 X75. Z2.5 G97 S849 M3 M9 G53 X0. G53 Z0.	M1 T707 G99 G18 G97 S849 M3 G54 M8 G0 Z2.5 X75. G50 S4000 G96 S200 M3 Z0.5 X56. G71 P10 Q11 U0.2 W0.1 D1. F1. N10 G0 X48. Z0.5 G1 Z0. X50. Z-1. N11 X55. G0 X75. Z0.5 Z2.5 G97 S849 M3 (Profile Roughing17) G99 G18 G97 S849 M3 G0 Z2.5 X75. G50 S4000 G96 S200 M3	Z-54.5 X56. G71 P12 Q13 U0.2 W0.1 D1. F1. N12 G0 X36. Z-54.5 G1 Z-55. X38.117 Z-56.059 N13 X55. G0 X75. Z-54.5 Z2.5 G97 S849 M3 M9 G53 X0. G53 Z0. (Profile Roughing18) M1 T303 G99 G18 G97 S849 M3 G54 M8 G0 Z2.9 X75. G50 S4000 G96 S200 M3 Z-76.5 X53. G1 Z-102.5 F1. X55. X57. Z-101.5 G0 Z-76.5 X51.

Операція 010		
G1 Z-102.5 F1. X53. X55. Z-101.5 G0 Z-76.5 X49. G1 Z-102.5 F1. X51. X53. Z-101.5 G0 Z-76.5 X47. G1 Z-102.5 F1. X49. X51. Z-101.5 G0 Z-76.5 X45. G1 Z-102.5 F1. X47. X49. Z-101.5 G0 Z-76.5 X43. G1 Z-102.5 F1. X45. X47. Z-101.5 G0 Z-76.5 X41. G1 Z-102.5 F1. X43. X45. Z-101.5 G0 Z-76.5 X39.2 G1 X39. F1. Z-102.5 X41. X43. Z-101.5 G0 Z-76.5	X39.2 G1 X38.2 F1. Z-76.924 X37. Z-77.524 Z-102.5 X39. X41. Z-101.5 G0 Z-77.524 X38. G1 X37. F1. X35.849 Z-78.1 X35. Z-102.5 X37. X39. Z-101.5 G0 Z-78.6 X36. G1 Z-78.1 F1. X33. Z-102.5 X35. X37. Z-101.5 G0 Z-78.6 X34. G1 Z-78.1 F1. X31. Z-102.5 X33. X35. Z-101.5 G0 Z-78.6 X32.	G1 Z-78.1 F1. X29. Z-102.5 X31. X33. Z-101.5 G0 Z-78.6 X30. G1 Z-78.1 F1. X27. Z-102.5 X29. X31. Z-101.5 G0 Z-78.6 X28. G1 Z-78.1 F1. X25. Z-81.576 X25.022 Z-81.587 Z-101.013 X25. Z-101.024 Z-102.5 X27. X29. Z-101.5 G0 Z-78.6 X26. G1 Z-78.1 F1. X24.4 G2 X23. Z-78.8 I0. K-0.7 G1 Z-80.493 X23.014 Z-80.545 X23.054 Z-80.593 X23.117 Z-80.634 X25. Z-81.576 X27. Z-80.576 G0 Z-101.024 X26.

Операція 010		
G1 X25. F1. X23.166 Z-101.941 Z-102.5 X25. X27. Z-101.5 G0 X75. Z2.9 G97 S849 M3 M9 G53 X0. G53 Z0. M5 M30 %		
Операція 015		
% O00015 G98 G18 G21 G50 S4000 G53 G0 X0. G53 Z0. (Face2) T101 G99 G18 G97 S749 M3 G54 M8 G0 Z2.5	G99 G18 G97 S849 M3 G0 Z2.5 X75. G50 S4000 G96 S200 M3 G1 Z0.6 F1. X52.6 Z-18.234 X55. X57. Z-17.234 Z0.6 X50.2	X40.6 Z-18.234 X43. X45. Z-17.234 Z0.6 X38.2 Z-18.234 X40.6 X42.6 Z-17.234 Z0.6 X35.8 Z-18.234 X38.2 X40.2 Z-17.234 Z0.6 X33.4

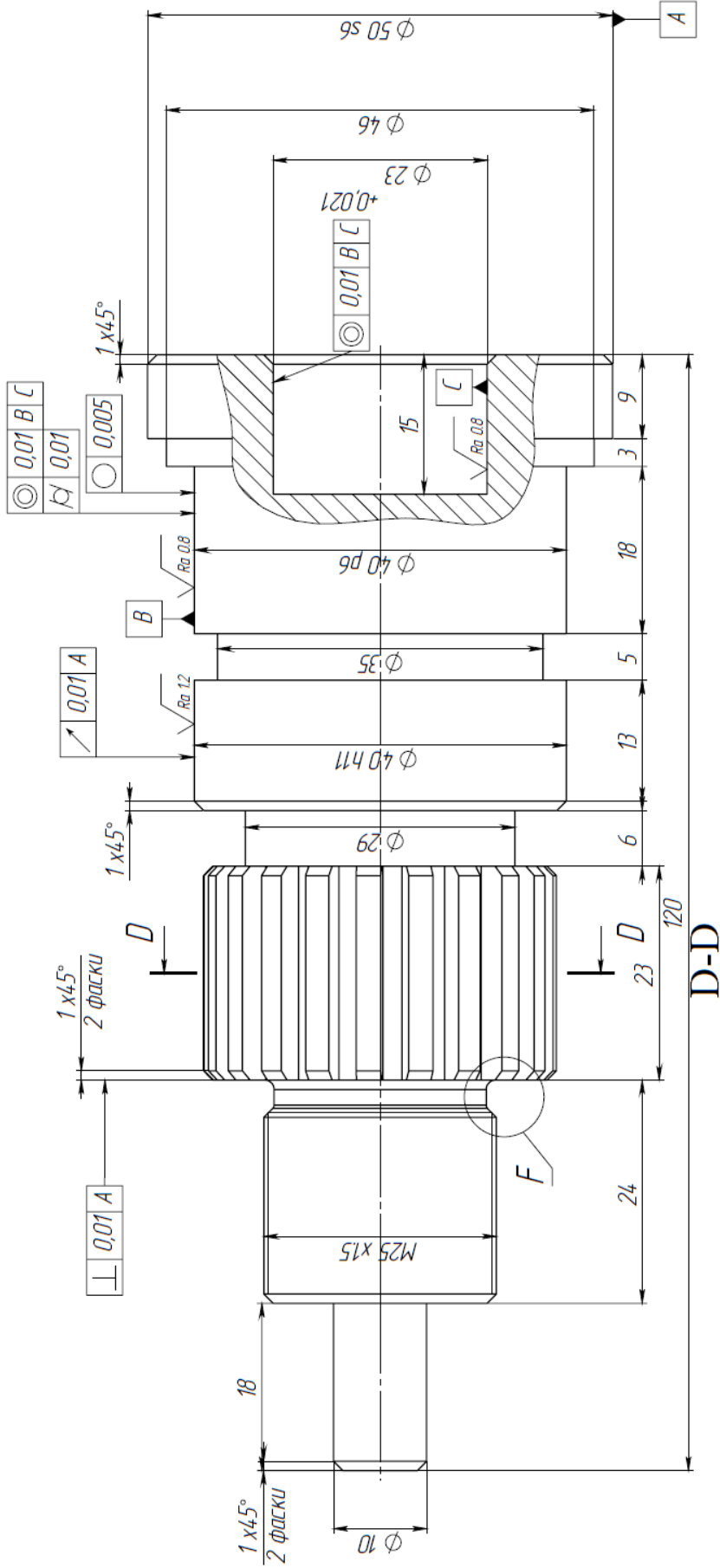
X85. G50 S4000 G96 S200 M3 Z1.414 X65. G1 X57.828 F1. X55. Z0. X-1.6 X1.228 Z1.414 G0 X85. Z2.5 G97 S749 M3	Z-18.234 X52.6 X54.6 Z-17.234 Z0.6 X47.8 Z-18.234 X50.2 X52.2 Z-17.234 Z0.6 X45.4 Z-18.234 X47.8 X49.8 Z-17.234 Z0.6 X43. Z-18.234 X45.4 X47.4 Z-17.234 Z0.6	Z-18.234 X35.8 X37.8 Z-17.234 Z0.6 X31. Z-18.234 X33.4 X35.4 Z-17.234 Z0.6 X28.6 Z-18.234 X31. X33. Z-17.234 Z0.6 X26.2 Z-18.234 X28.6 X30.6 Z-17.234 Z0.6
Операція 015		
X23.8 Z-18.234 X26.2 X28.2 Z-17.234 Z0.6 X21.4 Z-17.9 X22.146 X22.814 Z-18.234 X23.8 X25.8 Z-17.234 Z0.6 X19.	Z-17.9 X11.866 X13.866 Z-16.9 X75. Z2.5 G97 S849 M3 M9 G53 G0 X0. G53 Z0. (Profile Finishing3) M1 T707	S849 M3 M9 G53 X0. G53 Z0. (Thread1) M1 T808 G99 G18 G50 S4000 G97 S500 M3 G54

Z-17.9 X21.4 X23.4 Z-16.9 Z0.6 X16.6 Z-17.9 X19. X21. Z-16.9 Z0.6 X14.2 Z-17.9 X16.6 X18.6 Z-16.9 Z0.6 X11.866 Z-17.9 X14.2 X16.2 Z-16.9 Z0.6 X9.531 Z-1.093 X10.2 Z-1.427	G99 G18 G97 S849 M3 G54 M8 G0 Z2.5 X75. G50 S4000 G96 S200 M3 Z1.941 X8.609 G1 X7.883 F1. Z-0.059 X10. Z-1.117 Z-18. X22.766 X25.594 Z-16.586 G0 X75. Z2.5 G97	M8 G0 Z2.5 X75. Z-8.911 X22.129 G32 Z-37.889 F2. X22.529 Z-38.089 F2. G0 X75. Z-8.911 X21.729 G32 Z-37.689 F2. X22.529 Z-38.089 F2. G0 X75. Z-8.911 X21.329 G32 Z-37.489 F2. X22.529 Z-38.089 F2. G0 X75. Z-8.911 X20.929 G32 Z-37.289 F2. X22.529 Z-38.089 F2.
G0 X75. Z-8.911 X20.529 G32 Z-37.089 F2. X22.529 Z-38.089 F2. G0 X75. Z2.5 M9 G53 X0. G53 Z0. M5		

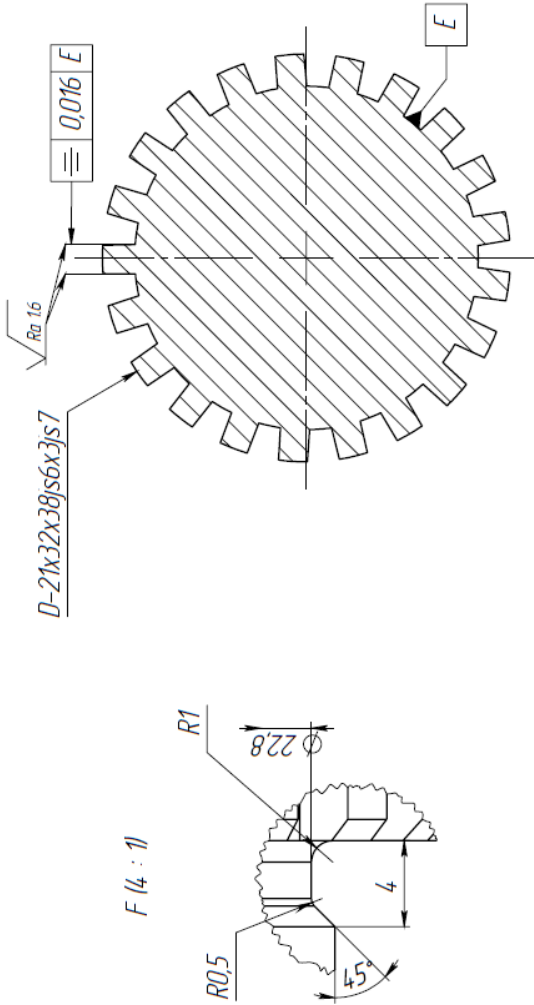
M30		
%		
Операція 020		
%	G97	Z-14.9
O00015	S4000 M3	X8.
G98 G18	G54	X6. Z-13.9
G21	M8	Z0.5
G50 S4000	G0 Z5.	X12.
G53 G0 X0.	X0.	Z-14.9
G53 Z0.	G50 S4000	X10.
(Drill1)	G96	X8. Z-13.9
T909	S200 M3	Z0.5
G98	G1 Z0.5 F1.	X14.
G18	X2.	Z-14.9
G97	Z-14.9	X12.
S5000 M3	X0.	X10. Z-13.9
G54	Z0.5	Z0.5
M8	X4.	X16.
G0 Z15.	Z-14.9	Z-14.9
X0.	X2.	X14.
Z5.	X0. Z-13.9	X12. Z-13.9
G81 X0. Z-15. R4. F1000.	Z0.5	Z0.5
G80	X6.	X18.
G0 Z15.	Z-14.9	Z-14.9
M9	X4.	X16.
G53 X0.	X2. Z-13.9	X14. Z-13.9
G53 Z0.	Z0.5	Z0.5
M5	X8.	X20.
	Z-14.9	Z-14.9

M1 T1010 G99 G18	X6. X4. Z-13.9 Z0.5 X10.	X18. X16. Z-13.9 Z0.5 X22.
Z-14.9 X20. X18. Z-13.9 Z0.5 X23.476 Z-0.855 X22.8 Z-1.193 Z-14.9 X22. X20. Z-13.9 Z0.5 X24.951 Z-0.117 X23.476 Z-0.855 X21.476 Z0.145 X0. Z5. G97 S4000 M3 (Profile Finishing1) G99 G18 G97 S4000 M3	X24.319 X25.234 Z-0.117 X23. Z-1.234 Z-15. X0. Z-13.034 Z5. G97 S4000 M3 M9 G53 G0 X0. G53 Z0. M5 M30 %	

G0 Z5. X0. G50 S4000 G96 S200 M3 G1 Z1.883 F1.		
---	--	--



D-D

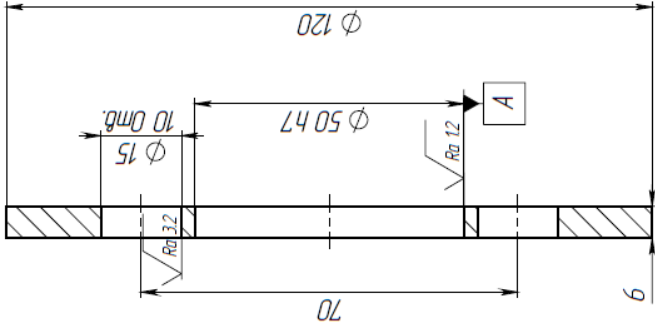
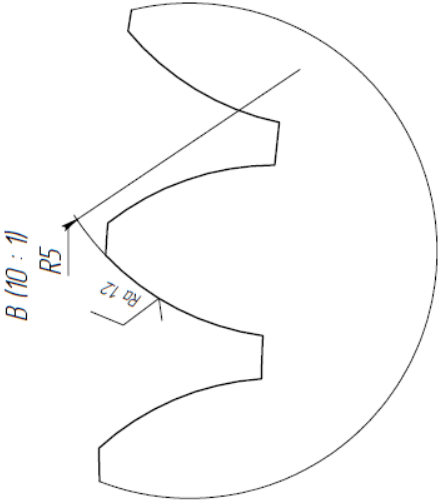
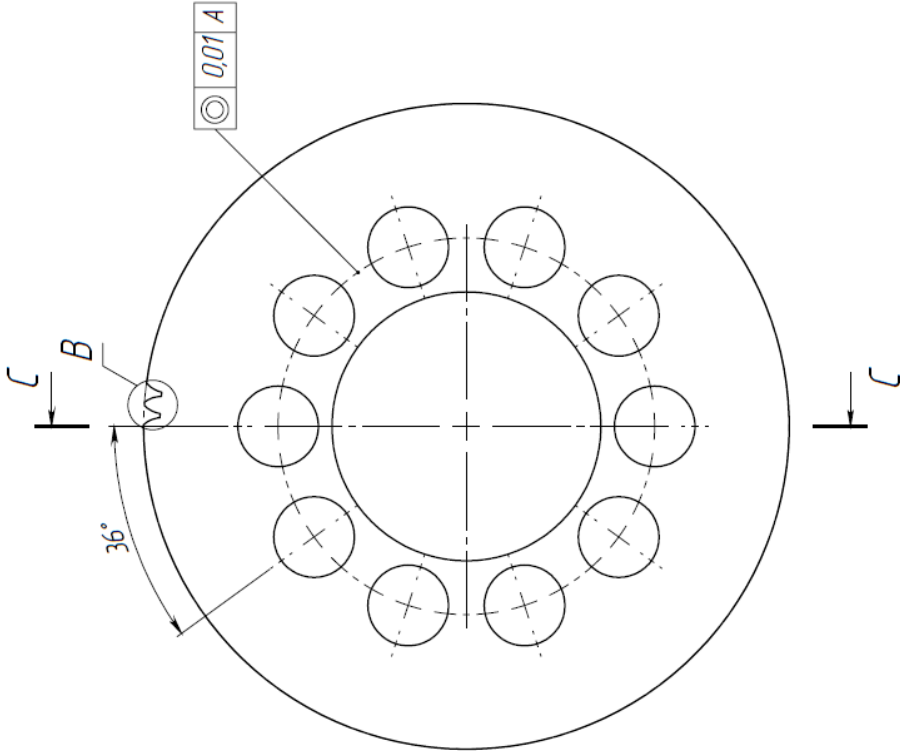


- 1. НРС 40-45
- 2. Невказанні граничні відхилення h14, H14, IT14/2

МІ.1310.1/Б 102/с 018 01-ПЗ				Лист		Маса		Масштаб	

C-C

$\sqrt{Ra\ 6.3}(\checkmark)$



Число зудців	Z	90
Коефіцієнт т зміщення	x	0.05

1. HRC 40-45
2. Невказані граничні відхилення h14, H14, IT14/2

MI 13100.1/Б 102/с 018 02-КД									
Колесо				Лист		Маса		Масштаб	
				0		0.35			
				Лист 1		Листів 1		1	
Сталь 40Х				Державний Университет Житомирська політехніка					
Изм./Лист		№ док-м.		Підпис		Дата			
Розроб.		Плещий М.О.							
Перевір.		Отюньський В.В.							
Т.контр.									
Н.контр.									
Затверд.									