

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Інженерно-інформаційні технології підготовки виробництва деталей приводу конвеєрного транспорту з додаванням рішень по збільшенню ресурсу інструменту.

Виконав: магістрант
групи ПМ-24м
Маркевич Г.А.

Керівник КМР:
д.т.н., проф.
Кіяновський М.В.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 Прикладна механіка

на тему: Інженерно-інформаційні технології підготовки виробництва деталей приводу конвеєрного транспорту з додаванням рішень по збільшенню ресурсу інструменту.

Виконав магістрант гр. ПМ-24м

_____Маркевич Г.А.
(підпис)

Керівник КМР

_____Кіяновський М.В.
(підпис)

Нормоконтроль

_____Нечасв В.П.
(підпис)

Завідувач кафедри

_____Рязанцев А.О.
(підпис)

м. Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет
Факультет: механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Ступінь вищої освіти: магістр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма: Технології машинобудування

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну магістерську роботу

Магістранта гр. ПМ-24м Маркевич Григорій Андрійович

Тема: Інженерно-інформаційні технології підготовки виробництва деталей приводу конвеєрного транспорту з додаванням рішень по збільшенню ресурсу інструменту.

Керівник КМР: д.т.н. проф. Кіяновський М.В.

Затверджена наказом по КНУ № 554с від « 28 » 07 2025 р.

2. Термін подання магістрантом закінченої роботи 30.11.2025р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Креслення вузла. 2. Креслення деталі 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1 Розробка та узгодження технічного завдання. 2 Проектування технологічного процесу складання. 3 Технологічна підготовка виробництва виробу. 4 Моделювання та програмування операцій механічної обробки. 5 Конструкторська підготовка виробництва. 6 Організаційно-економічна підготовка виробництва. 7 Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

5. Перелік графічного матеріалу: 1.Складальне креслення. 2. Деталь 3. Заготовка 4. Ескізи операцій. 5. Верстатно-інструментальне налагодження. 6. Верстатне пристосування. 7. Контрольне пристосування. 8. Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Організаційно-економічна підготовка виробництва	Нечаєв В.П. к.т.н., доцент		

7. Календарний план:

Розділи пояснювальної записки	Термін виконання
Видача завдання на магістерську випускну роботу	12.09.2025
1 Проектування технологічного процесу складання	14.09.2025
2 Креслення складального вузла	18.09.25
3. Проектування заготовки.	22.09.2025
4. Креслення заготовки	28.09.2025
5. Проектування технологічного процесу	01.10.2025
6 .Креслення деталі	05.10.2025
7. Креслення ескізів операцій	15.10.2025
8.Моделювання та програмування операції на верстаті з ЧПК	18.10.2025
9. Креслення верстатно- інструментального налагодження на верстат з ЧПК	23.10.2025
10. Карти технологічної документації	24.10.2025
11. Проектування технологічного оснащення	06.11.2025
12.Креслення верстатного та контрольного пристроїв	
13. Інженерний аналіз у системі SOLIDWORKS SIMULATION ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION	13.11.2025
14. Техніко -економічні розрахунки роботи	16.11.2025
15. <u>Комплексна оцінка ефективності проектних рішень з використанням інноваційно-наукових ресурсів</u>	17.11.2025
Передзахист	30.11.2025

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник
кваліфікаційної магістерської роботи _____ /Кіяновський М.В. /

Завдання отримав
магістрант _____ /Маркевич Г.А./

ЗМІСТ

Відомість кваліфікаційної магістерської роботи

Реферат

Вступ

1 РОЗРОБКА ТА УЗГОДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

1.1 Технічне завдання та аналіз вихідних даних проекту

1.2 Службове призначення вузла

3.3 Проектування технологічного процесу складання вузла

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

2.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

2.1.2 Аналіз якості поверхонь деталі

2.1.3 Технічний контроль робочого креслення

2.1.4 Аналіз технологічності

2.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

2.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

2.1.5 Вибір типу виробництва

2.1.5.1 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

2.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

2.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовок

1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

2.2.2 Вибір і обґрунтування баз

2.2.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

2.2.4 Розробка маршруту обробки деталі

2.2.5 Розробка технологічних операцій

2.2.6 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

2.2.7 Вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

3 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

5. КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування верстатного оснащення

5.2 Проектування контрольного оснащення

6 ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION

7. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ

ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

ВИСНОВКИ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

ДОДАТКИ

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.3			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Хмельницький				ЗМІСТ	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Цивінда						- 7 -	
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

[illegible]

РЕФЕРАТ

Об'єктом дослідження є технологічна підготовка виробництва деталей приводу конвеєрного транспорту.

Метою роботи є удосконалення технологічного процесу складання вузла редуктора та механічної обробки деталі вал-шестерні, а також порівняльний аналіз техніко-економічних показників.

Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання:

- розроблено технічне завдання на проєктування;
- проведено технологічний аналіз складального вузла із побудовою та розрахунком складальних розмірних ланцюгів і технологічного процесу складання;
- відповідно до заданої річної програми визначено тип виробництва;
- на основі техніко-економічного аналізу способів отримання заготовок спроектовано заготовку для вал-шестерні;
- розроблено маршрутні та операційні технологічні процеси;
- підібрано сучасне обладнання та ріжучий інструмент;
- розраховано та обрано припуски на обробку і режими різання;
- виконано нормування технологічних операцій виготовлення вал-шестерні;
- складено технологічні налагодження;
- спроектовано технологічне оснащення, що забезпечує необхідну якість виготовлення;
- розраховано основні економічні показники процесу.

ПРИВІД КОНВЕЄРНОГО ТРАНСПОРТУ, РЕДУКТОР КОНІЧНО-ЦИЛІНДРИЧНИЙ, ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, АНАЛІЗ, КОНТРОЛЬ, ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОСНАЩЕННЯ, ІНСТРУМЕНТАЛЬНЕ НАЛАГОДЖЕННЯ, CAD/CAM/CAE ТЕХНОЛОГІЇ, СОБІВАРТІСТЬ.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.Р			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	РЕФЕРАТ	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Маркевич						
Провер.		Кіяновський					- 4 -	
Реценз.						Каф. ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

ABSTRACT

The object of the study is the technological preparation of the production of conveyor transport drive parts.

The purpose of the work is to improve the technological process of assembling the reducer unit and machining the shaft-gear part, as well as a comparative analysis of technical and economic indicators.

To achieve the set goal, the following tasks were performed:

- technical specifications for design were developed;
- a technological analysis of the assembly unit was carried out with the construction and calculation of assembly dimensional chains and the technological process of assembly;
- the type of production was determined in accordance with the specified annual program;
- based on a technical and economic analysis of methods for obtaining blanks, a blank for the shaft gear was designed;
- route and operational technological processes were developed;
- modern equipment and cutting tools were selected;
- machining allowances and cutting modes were calculated and selected;
- technological operations for the manufacture of the shaft gear were standardized;
- technological adjustments were made;
- technological equipment was designed to ensure the required manufacturing quality;
- the main economic indicators of the process were calculated.

CONVEYOR TRANSPORT DRIVE, CONICAL-CYLINDRICAL REDUCTION GEAR, SHAFT-GEAR, TECHNOLOGICAL PROCESS, ANALYSIS, CONTROL, TECHNOLOGICAL EQUIPMENT, TOOL ADJUSTMENT, CAD/CAM/CAE TECHNOLOGIES, COST

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.А							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Разраб.		Маркевич			ABSTRACT				Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Кіяновський									- 3 -	
Реценз.									Каф.ТМ гр.ПІМ-24м			
Н. Контр.		Нечасв										
Утверд.		Рязанцев										

ВСТУП

Завданням магістерської кваліфікаційної роботи було застосування інженерно-інформаційних технологій для удосконалення підготовки виробництва деталей приводу конвеєрного транспорту, а також проведення досліджень щодо підвищення ресурсу різального інструменту в умовах механічної обробки валу-шестерні приводу.

Підвищення ефективності виробництва передбачалося досягти шляхом зростання продуктивності праці за рахунок використання високопродуктивного металообробного обладнання на базі верстатів із ЧПК та інструменту провідних світових виробників.

Основою для проектування технологічних процесів слугували складальні креслення машини та її вузлів, робочі креслення деталей, технічні умови на виріб, програма випуску, а також сучасні досягнення й передовий досвід машинобудування, адаптовані до умов підприємства, на якому виготовляється або ремонтується машина.

Прийняття технічних рішень супроводжувалося аналітичним опрацюванням і техніко-економічним обґрунтуванням кожного етапу конструкторсько-технологічної підготовки. Серед інформаційних технологій були використані математичні програмні засоби, CAD/CAM/CAE-системи, пошукові інструменти для аналізу аналогів, патентів і наукових публікацій, що давало змогу зіставляти та оцінювати результати досліджень.

Оскільки конвеєрний транспорт є одним з ключових засобів переміщення руди, а його приводи — редуктори — працюють у вкрай складних та зношувальних умовах, вони потребують особливо ретельного підходу до технології виготовлення. Тому питання підвищення експлуатаційної надійності шляхом удосконалення технологічних рішень стало центральним у виконанні даної магістерської кваліфікаційної роботи.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.В						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.		Маркевич			ВСТУП			Лит.	Лист	Листов	
Провер.		Кіяновський								- 3 -	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.		Нечаєв									
Утверд.		Рязанцев									

1 ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення виробу

Стрічкові конвеєри використовуються для транспортування сипких і штучних вантажів та знаходять застосування в машинобудівній, гірничо-металургійній промисловості й інших галузях.

Основу їх конструкції становлять робочий орган — замкнута конвеєрна стрічка, що виконує функції вантажонесучого та тягового елемента, привідний і натяжний барабани, натяжний та завантажувальний пристрої, а також рами.

За потреби система може доповнюватися направляючими рамками, відхиляючими барабанами, розвантажувальними пристроями та елементами для очищення стрічки.

Загальний вигляд стрічкового конвеєра наведено на рис. 1.1.

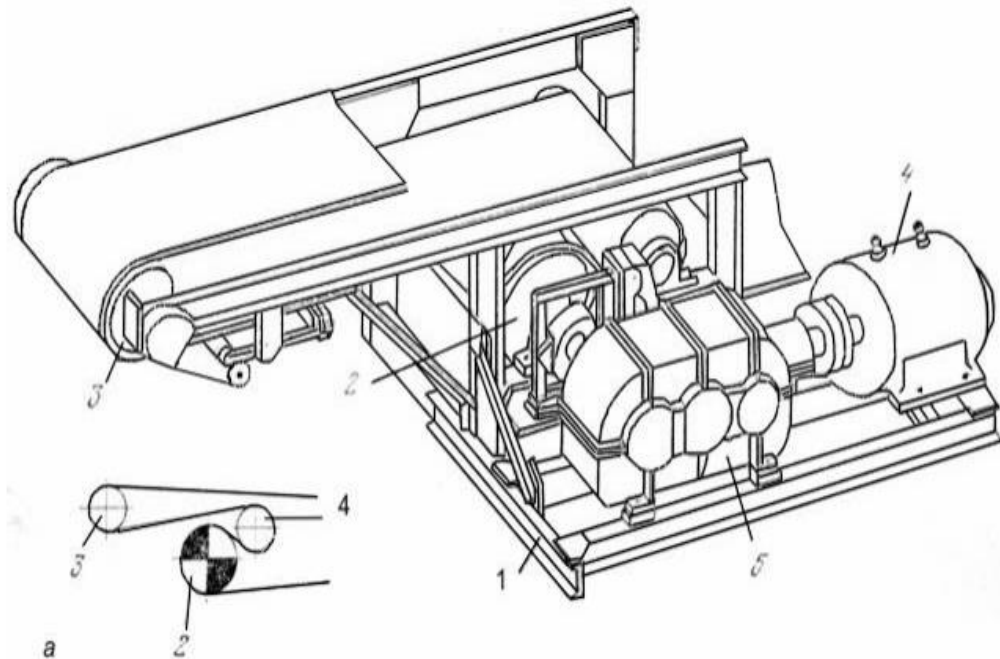


Рисунок 1.1- Конструкція та схеми приводу стрічкових конвеєрів: а) з одним приводним барабаном; б) з двома приводними барабанами; 1 - рама, 2 - приводний барабан, 3 - розвантажувальний барабан, 4- електродвигун - редуктор, 4 – відхиляючий барабан, 6 – електродвигун, 7 – натяжний барабан.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.01. ПТПС		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Маркевич				ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА	Лит.	Лист
Провер.	Кіяновський						Листов
Реценз.						- 3 -	
Н. Контр.	Нечаєв					Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Утверд.	Рязанцев						

1.2 Проектування технологічного процесу складання вузла

Рисунок 1.2-Вузол конічно-циліндричного редуктора

На рисунку 1.2 подано вузол редуктора, який збирається у такій послідовності.

Спочатку на вал-шестерню 1 запресовують радіально-сферичний роликopідшипник 11 і фіксують його стопорним кільцем 6. Далі на вал встановлюють стакан 2, у який попередньо запресовують радіально-упорний шарикopідшипник 12. Після цього монтують розпiрне кільце 5 та запресовують другий радіально-упорний шарикopідшипник 12.

На вал нагвинчують лабіринтну гайку 4, яка підтискається за допомогою замоченої шайби 9. Потім встановлюють прокладку 10 та лабіринтну кришку 3, що кріпиться болтами 14 до стакана. Зібраний вузол — вал-шестерня з підшипниками та стаканом — вставляють у корпус редуктора.

Після встановлення другої прокладки 16 стакан разом із лабіринтною кришкою закріплюють до корпусу болтами 18. На завершальному етапі монтують шпонку 13, стопорну шайбу 8 та гайку 7.

Схему складального з'єднання, яка відображає порядок комплектації вузлів і деталей, наведено на рисунку 1.3.

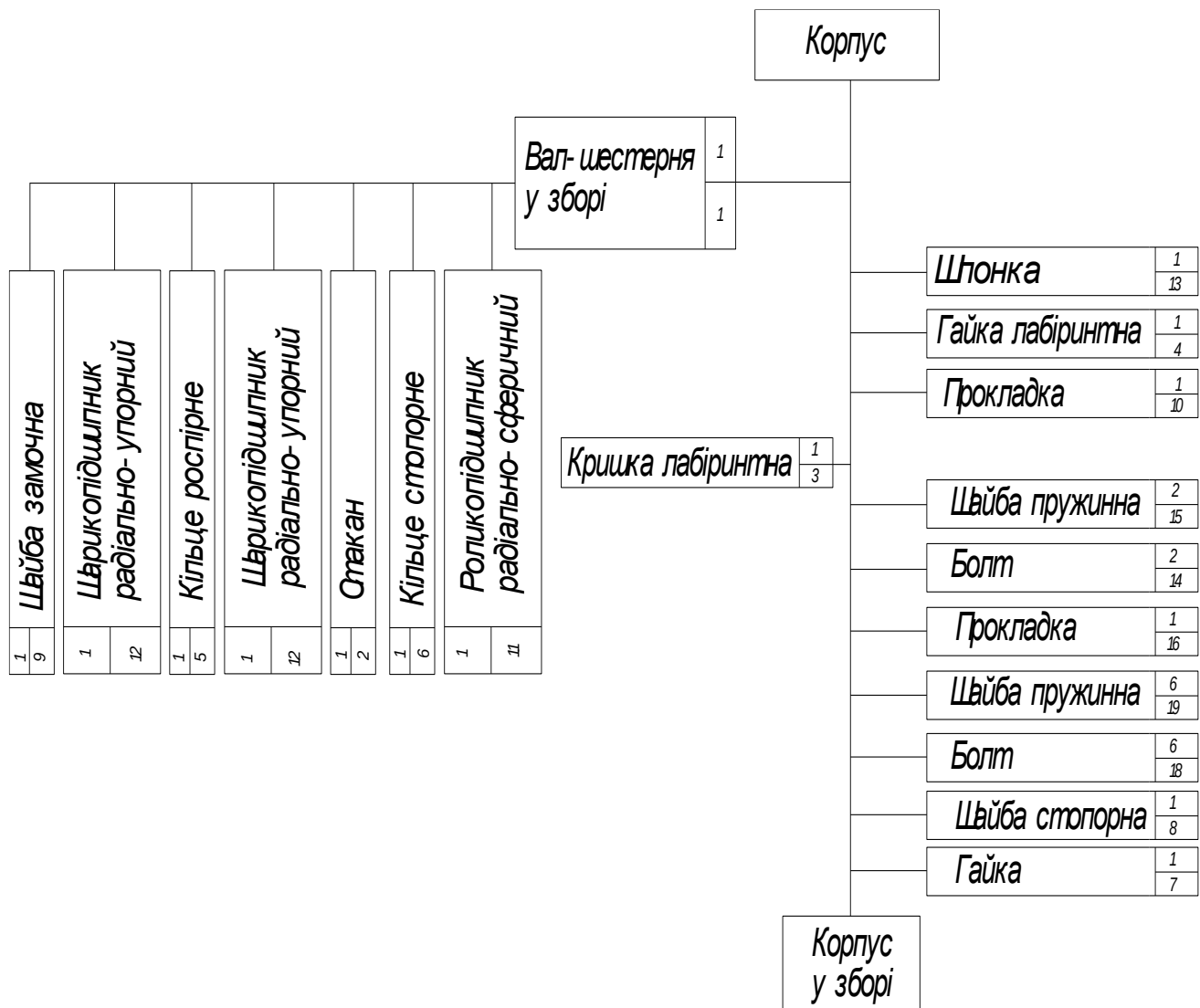


Рисунок 1.3-Схема складання

1.3.1 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів

Виявимо розмірні зв'язки у вузлі та побудуємо лінійний розмірний ланцюг А, який зобразимо на рисунку 1.4.

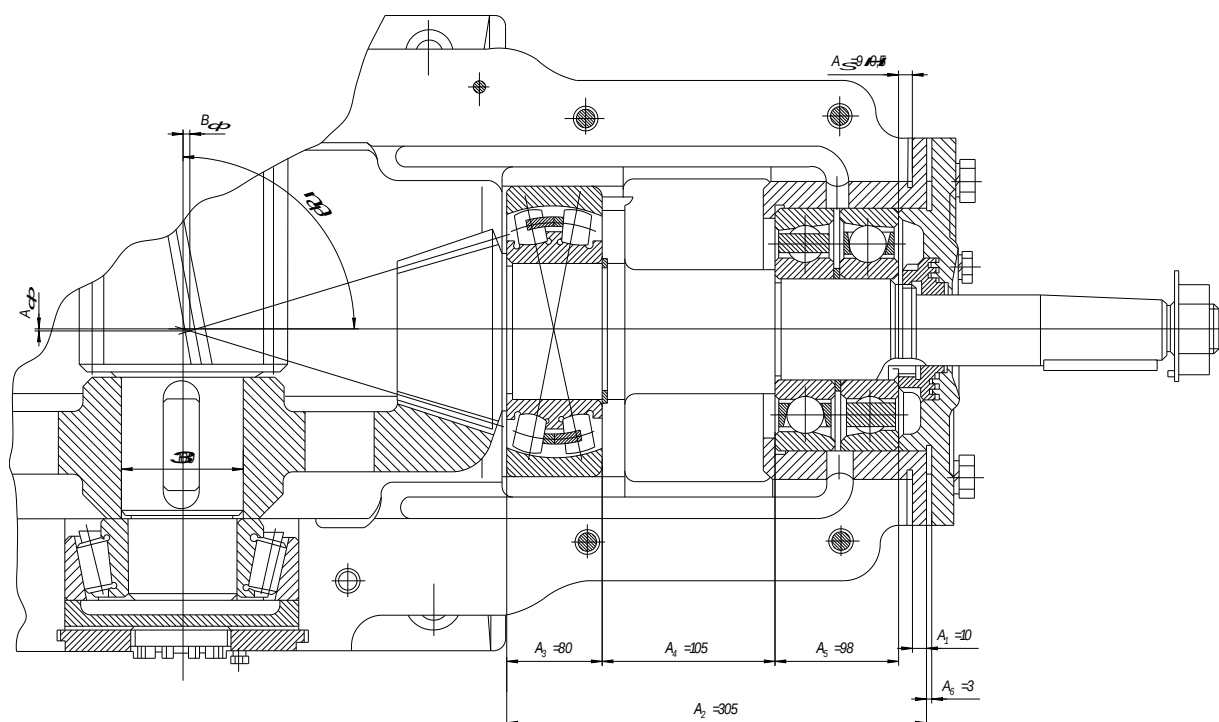


Рисунок 1.4 – Схема лінійного ланцюга вузла

В якості ланки-компенсатора вибрано прокладку (ланка A_6).

$A_2 = 9 \pm 0,5$ мм; $[T_\Sigma] = 1$ мм; $\Delta C_\Sigma = \pm 0,5$ мм.

На всі ланки розмірного ланцюга призначаємо технологічно досяжні допуски і заносимо їх значення в таблицю 1.1. Ланку A_6 записуємо окремо.

$T_{A_6} = T_{\text{комп}} = 0,25$; $\Delta C_{A_6} = 0$.

Визначаємо граничні відхилення на всі ланки окрім ланки A_6 і пропонуємо середні значення полів допусків, які визначаємо за виразом:

$$\Delta C_i = \frac{es_i + si_i}{2}, \quad (1.1)$$

де es і ei – відповідно верхнє і нижнє граничні відхилення ланки.

$$\Delta C_1 = \frac{0,18 + (-0,18)}{2} = 0 \text{ мм},$$

$$\Delta C_2 = \frac{0 + (-1,3)}{2} = -0,65 \text{ мм},$$

$$\Delta C_3 = \frac{0,37 + (-0,37)}{2} = 0 \text{ мм},$$

$$\Delta C_4 = \frac{0,435 + (-0,435)}{2} = 0 \text{ мм},$$

$$\Delta C_5 = \frac{0 + (-0,87)}{2} = -0,435 \text{ мм}.$$

Допуск технологічно досяжної замикаючої ланки визначаємо за виразом:

$$T_\Sigma = \sum_{i=1}^n (T_{A_i}), \quad (1.2)$$

де T_{A_i} – допуски складових ланок;

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.01. ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

n – кількість ланок в ланцюзі.

$$T_{\Sigma} = 0,36 + 1,3 + 0,74 + 0,87 + 0,87 = 4,14 \text{ мм.}$$

Координату середини поля допуску визначаємо за виразом:

$$\Delta C_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\Delta \bar{C}_i) - \sum_{j=1}^n (\Delta \bar{C}_j), \quad (1.3)$$

$$\Delta C_{\Sigma} = 0,65 - (0 + 0 + 0 + (-0,435)) = 0,215 \text{ мм.}$$

Граничні відхилення технологічно досяжної замикаючої ланки за виразами:

$$es_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} + 0,5 \cdot T_{\Sigma}, \quad (1.4)$$

$$ei_{\Sigma} = \Delta C_{\Sigma} - 0,5 \cdot T_{\Sigma}, \quad (1.5)$$

$$es_{\Sigma} = 0,215 + 0,5 \cdot 4,14 = 2,285 \text{ мм,}$$

$$ei_{\Sigma} = 0,215 - 0,5 \cdot 4,14 = -1,855 \text{ мм.}$$

$$A_{\Sigma} = 9^{+2,285}_{-1,855} \text{ мм.}$$

Величину компенсації визначаємо за виразом:

$$T_{\kappa} = T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}], \quad (1.6)$$

де T_{Σ} – технологічно досяжний допуск на замикаючій ланці;

$[T_{\Sigma}]$ – необхідний допуск на замикаючій ланці.

$$T_{\kappa} = 4,14 - 1 = 3,14 \text{ мм.}$$

Необхідну кількість ступенів компенсатора визначаємо за виразом:

$$N = \frac{T_{\kappa}}{[T_{\Sigma}] - T_{\text{комп}}} + 1, \quad (1.7)$$

$$N = \frac{3,14}{1 - 0,25} + 1 = 4,2 \text{ ступені.}$$

Округляємо набуте значення ступенів до $N = 5$.

Уточнений допуск ступеня ланки-компенсатора визначаємо за виразом:

$$T_{\text{ст}} = \frac{T_{\kappa}}{N - 1}, \quad (1.8)$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{3,14}{5 - 1} = 0,785 \text{ мм.}$$

Середній розмір ланки-компенсатора, вибраного з числа зменшуючих ланок, який при пригоні зменшується, визначаємо за виразом:

$$\bar{A}_{\text{ск}} = \bar{A}_{\text{комп}} + \Delta C_{\text{комп}} + \Delta C_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}], \quad (1.9)$$

де $A_{\text{комп}}$ – номінальне значення ланки компенсатора;

$\Delta C_{\text{комп}}$ – координата середини поля допуску ланки компенсатора;

$[\Delta C_{\Sigma}]$ – необхідна координата середини допуску вихідної ланки;

ΔC_{Σ} – координата середини поля допуску замикаючої ланки при технологічно призначених допусках.

$$\bar{A}_{c6} = 3 + 0 + 0,215 - 0,5 = 2,715 \text{ мм.}$$

Граничні значення ланки-компенсатора визначаємо за виразами:

$$A_{\text{комп. max}} = A_{\text{ск}} + 0,5 \cdot T_{\kappa}, \quad (1.10)$$

$$A_{\text{комп. min}} = A_{\text{ск}} - 0,5 \cdot T_{\kappa}, \quad (1.11)$$

$$A_{\text{комп. max}} = 2,715 + 0,5 \cdot 3,14 = 4,285 \text{ мм,}$$

$$A_{\text{комп. min}} = 2,715 - 0,5 \cdot 3,14 = 1,145 \text{ мм.}$$

Розміри змінних деталей, узятих із зменшуючих ланок визначаємо за виразами:

$$I_{\text{ст}} A_6 = A_{6 \text{ max}} \pm \frac{T_{\text{комп } A_6}}{2}, \quad (1.12)$$

$$II_{\text{ст}} A_6 = (A_{6 \text{ max}} - T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комп } A_6}}{2}, \quad (1.13)$$

$$III_{\text{ст}} A_6 = (A_{6 \text{ max}} - 2 \cdot T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комп } A_6}}{2}, \quad (1.14)$$

$$IV_{\text{ст}} A_6 = (A_{6 \text{ max}} - 3 \cdot T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комп } A_6}}{2}, \quad (1.15)$$

$$V_{\text{ст}} A_6 = (A_{6 \text{ max}} - 4 \cdot T_{\text{cm}}) \pm \frac{T_{\text{комп } A_6}}{2}. \quad (1.16)$$

$$I_{\text{ст}} A_6 = 4,285 \pm 0,125 \text{ мм,}$$

$$II_{\text{ст}} A_6 = (4,285 - 0,785) \pm 0,125 = 3,5 \pm 0,125 \text{ мм,}$$

$$III_{\text{ст}} A_6 = (4,285 - 2 \cdot 0,785) \pm 0,125 = 2,715 \pm 0,125 \text{ мм,}$$

$$IV_{\text{ст}} A_6 = (4,285 - 3 \cdot 0,785) \pm 0,125 = 1,93 \pm 0,125 \text{ мм,}$$

$$V_{\text{ст}} A_6 = (4,285 - 4 \cdot 0,785) \pm 0,125 = 1,145 \pm 0,125 \text{ мм.}$$

Похибка розрахунку $IX_{\text{ст}} A_{10} \approx A_{10 \text{ min}}$ і визначається за виразом:

$$\varepsilon = \frac{V_{\text{cm}} A_6 - A_{6 \text{ min}}}{A_{6 \text{ min}}} \cdot 100\%, \quad (1.17)$$

$$\varepsilon = \frac{1,145 - 1,02}{1,145} \cdot 100\% = 0,11\%.$$

Використання дев'яти розмірів ланки-компенсатора може виявитися не технологічним в конкретних умовах виробництва.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.01. ПТПС	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ

2.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

Вихідними даними для проектування інноваційного технологічного процесу є складальне креслення редуктора, робоче креслення вал-шестерні, технічні умови на виріб, програма випуску обсягом 1000 шт., типовий технологічний процес обробки, економічні показники та вимоги з безпеки життєдіяльності, що застосовуються на базовому підприємстві. Також враховано сучасні досягнення та передовий досвід виробництва, результати наукових досліджень студента, виконаних на кафедрі протягом навчання, а також актуальні проблеми машинобудування, висвітлені на наукових конференціях.

Для розроблення удосконаленого технологічного процесу виготовлення вал-шестерні необхідно провести техніко-економічний аналіз вихідних даних з метою зниження собівартості продукції за умови збереження належної якості виробу.

Проектування технологічного процесу здійснювалося з дотриманням трьох основних принципів:

- технічного – забезпечення відповідності вимогам креслень і технічних умов виготовлення валу-шестерні;
- економічного – мінімізація матеріальних витрат на виробництво;
- організаційного – проведення виготовлення деталей і складання в умовах, що гарантують максимальну ефективність виробництва.

2.1.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів замін

Деталь «вал-шестерня» виконує функцію вхідного валу редуктора приводу конвеєрної стрічки. Її призначення полягає у передачі обертового руху між валами, осі яких перетинаються. Конструктивно вал-шестерня має прямозубе конічне зачеплення та виготовляється з точністю 8-го ступеня.

Геометрія деталі передбачає наявність головки з конічною зубчастою передачею. При цьому ширина зубчастого вінця конічного колеса не повинна перевищувати третини довжини твірної ділильного конуса. Дотримання цієї умови зменшує ризик поломки зубців, що може виникати через концентрацію внутрішніх напружень у їхній найвужчій зоні.

Згідно службового призначення, деталь „Вал-шестерня” виготовлена із Сталі 34ХН1М за ДСТУ 7806:2015.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Маркевич			ТЕХНОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА ВИРОБУ		Лит.	Лист
Провер.		Кіяновський						4
Реценз.							Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

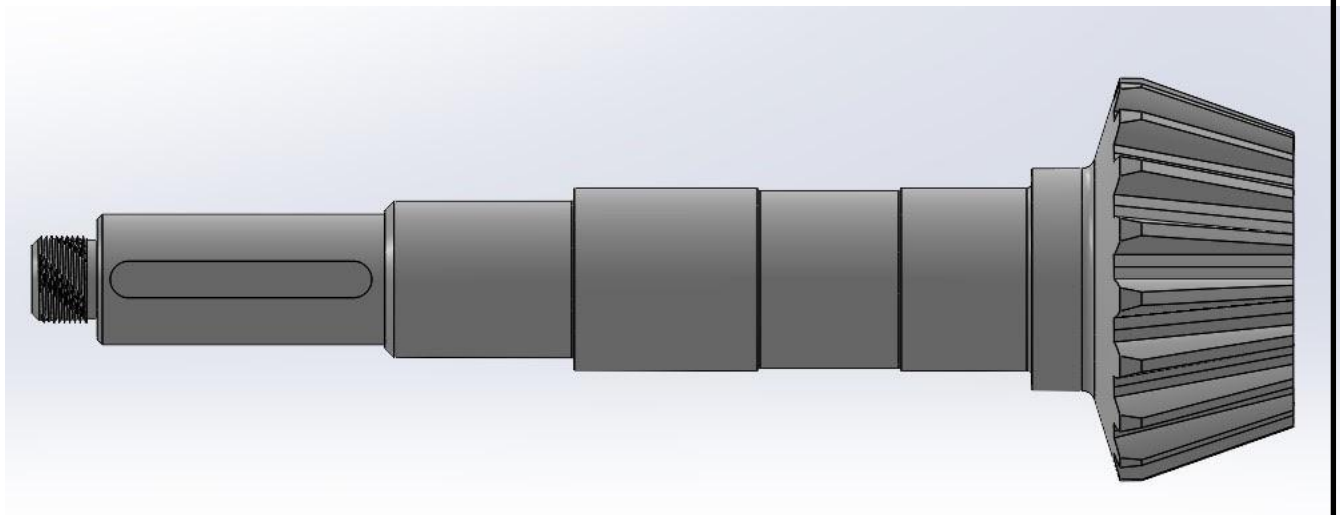


Рисунок 2.1 - Вал-шестірня

Таблиця 2.1 – Хімічний склад Сталі 34ХН1М ДСТУ 7806:2015

C	Cr	Si	Mn	Ni	Mo	S	P
						не більш	
0,3-0,4	1,3-1,7	0,17-0,37	0,5-0,8	1,3-1,7	0,2-0,3	0,035	0,030

Таблиця 2.2 – Механічні властивості Сталі 34ХНМ ДСТУ 7806:2015

σ_T , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_s , МПа	δ_s , %	ψ , %	α_H , Дж/см ²	Твердість НВ
50	440	635	14	40	54	197-235

Сталь 34ХН1М ДСТУ 7806:2015 можна замінити на Сталь 34ХН3М ДСТУ 7806:2015.

Термічна обробка нормалізацію, потім загартування в маслі при 850-870°C і високу відпустку (620-645°C) з витримкою 6 годин, що дає твердість 240-280 НВ і високу міцність ($\sigma_B \sim 760$ МПа, $\sigma_{0,2} \sim 610$ МПа), роблячи її придатною для прожарювання та холодостійкості, але важливо враховувати перетин для режимів загартування.

2.1.2 Аналіз якості поверхонь деталі

1. Виконуємо нумерацію всіх поверхонь деталі та визначаємо основні, виконавчі та допоміжні поверхні:

Основні поверхні: шийки під підшипники (12) Ø60k6, (15) Ø70k6, а також торець (7).

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Виконавчі поверхні: зубчастий вінець шестерні (25).

Допоміжні поверхні: різьбова ділянка (10) ØM33×2 та шпонковий паз (22).

Виконуємо аналіз вимог до точності, шорсткості та взаємного розташування основних і допоміжних поверхонь відповідно до функціонального призначення деталі. Після вивчення креслення можна зробити такі висновки:

Креслення містить місцеві та повні розрізи, що забезпечує повне уявлення про всі поверхні деталі. Значення шорсткості поверхонь наведено у правому верхньому куті — Ra 12,5. Невказані граничні відхилення для розмірів регламентовані у технічних вимогах (правий нижній кут) і відповідають класу IT12.

Щодо вимог до взаємного розташування:

- радіальне биття поверхні Д відносно поверхні Г не повинно перевищувати 0,05 мм;

- паралельне зміщення осі шпонкового пазу відносно осі поверхні Д допускається не більше ніж 0,1 мм.

Вимоги до фізико-механічних властивостей матеріалу в кресленні не зазначені.

На всі поверхні заповнюємо таблицю.

Таблиця 2.3 – Аналіз якості поверхонь

№ пов. з/п	Номінальний розмір	Квалітет, IT	Допуск Т чи відхилення розміру	Шорсткість, Ra	Відхилення форми і розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	510,45	12	0,7	12,5	
2	25	12	0,21	12,5	
3	135	12	0,4	12,5	
4	70	12	0,3	12,5	
5	55	12	0,3	12,5	
6	50	12	0,25	12,5	
7	100	12	0,35	12,5	
8	70	12	0,3	12,5	
9	510,45	12	0,7	12,5	
10	M33x2	12	0,21	3,2	
11	Ø50	k7	+0.0027 +0.002	1,6	
12	Ø60	k6	0,019	1,6	
13	Ø70	k6	0,019	1,6	
14	Ø68	12	0,3	12,5	
15	Ø70	k6	0,019	1,6	
16	Ø85	12	0,35	12,5	

Продовження таблиці 2.3					
1	2	3	4	5	6
17	Ø154	12	-0.08	3,2	
18	3,5x45°	12	0,12	12,5	
19	2x45°	12	0,1	12,5	
20	3,5x45°	12	0,12	12,5	
21	Ø30	12	0,21	12,5	
22	14	12	+0.12	3,2	
23	m=8, z=18	8	0,038	3,2	

Взаємозв'язок норм точності відповідає правилу:

$$T_1 > T_2 > T_3, \quad (2.1)$$

де T_1 – допуск на розмір;

T_2 – допуск на макрогеометрію;

T_3 – допуск на мікрогеометрію.

Для поверхонь 16 і 15:

$$0,35 > 0,019 > T_3.$$

2.1.3 Технічний контроль робочого креслення

Робоче креслення містить повний комплект даних щодо геометрії деталі: форму, розміри, допуски та параметри шорсткості. Документ виконаний відповідно до вимог ЕСКД. Усі зазначені лінійні та діаметральні розміри, допуски й шорсткість узгоджені з нормованими рядами ДСТУ. Базові поверхні на кресленні визначені коректно, а розмірні ланцюги побудовані без порушень. Відхилення форми та взаємного розташування поверхонь також відповідають встановленим стандартам ЕСКД.

2.1.4 Аналіз технологічності

2.1.4.1 Якісний аналіз технологічності

Робоче креслення містить повний комплект даних щодо геометрії деталі: форму, розміри, допуски та параметри шорсткості. Документ виконаний відповідно до вимог ЕСКД. Усі зазначені лінійні та діаметральні розміри, допуски й шорсткість узгоджені з нормованими рядами ДСТУ. Базові поверхні на кресленні визначені коректно, а розмірні ланцюги побудовані без порушень. Відхилення форми та взаємного розташування поверхонь також відповідають встановленим стандартам ЕСКД.

2.1.4.2 Кількісний аналіз технологічності

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.Рівень технологічності по точності обробки

$$K_T = 1 - \frac{1}{A_{cp}}; \quad (2.2)$$

де A_{cp} -середній квалітет точності обробки;

$$A_{cp} = \frac{6n_6 + 7n_7 + 8n_8}{n_i}; \quad (2.3)$$

де 6,7,8-квалітет точності;

n_i -число розмірів, відповідного розміру.

$$A_{cp} = \frac{6 \cdot 3 + 8 \cdot 2 + 12 \cdot 20}{25} = 10,96$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{10,96} = 0,9 \rightarrow 1$$

2.Рівень технологічності за шорсткістю поверхні

$$K_u = \frac{1}{III_{cp}}; \quad (2.4)$$

$$III_{cp} = \frac{1,6 \cdot 3 + 3,2 \cdot 11 + 12,5 \cdot 11}{25} = 7,068$$

$$K_u = \frac{1}{7,068} = 0,14$$

3.Коефіцієнт уніфікації поверхонь

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э} \quad (2.5)$$

де $Q_{y.э.}$ -кількість уніфікованих елементів;

$Q_э$ -загальне число елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{2}{25} = 0,08$$

4.Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_m = \frac{m_g}{m_з} \quad (2.6)$$

де m_g -чиста вага деталі, кг

$m_з$ -вага заготовки, кг

$$K_m = \frac{19}{28,5} = 0,66$$

Висновок: деталь технологічна, оскільки кількість позитивних показників технологічності (симетрія, тіло обертання, коефіцієнти точності і використання матеріалу і т. д.), значно менше негативних (малий коефіцієнт уніфікації).

2.1.5 Вибір типу виробництва

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для визначення типу виробництва, розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій.

Вихідні дані	
Річна програма N_p , шт	1000
Штучно-калькуляційний час, хв	
$T_{шт.-к1}$	170,61
$T_{шт.-к2}$	44,3
$T_{шт.-к3}$	198,76
$T_{шт.-к4}$	16,2
$T_{шт.-к5}$	0
Йомвірний тип виробництва (ДС=1, СС=2, ВС=3)	2
Кількість змін	1

Коефіцієнт закріплення операцій	
$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_{oi}}{\sum P_i}$	
де $\sum \Pi_{oi}$ – сумарне число різних операцій за місяць з розрахунку на одного змінного $\sum P_i$ – явочне число робітників ділянки, що виконують різні операції при роботі в одну	
$\Pi_{oi} = \frac{13182 \cdot \eta_H}{T_{шт.к.} \cdot N_M}$	
де η_H – плановий нормативний коефіцієнт завантаження верстата, прийнятий для велико-, середньо- та дрібносерійного виробництва відповідно рівним 0,75; 0,8; 0,9; N_M – місячна програма випуску заданої деталі, шт $N_M = \frac{N_p}{s \cdot 12}$	
$\Pi_{o1} = \frac{13182 \cdot 0,8}{170,61 \cdot 83,333} = 0,7417$	$\sum P_i = P_1 + P_2 + \dots + P_n$
$\Pi_{o2} = \frac{13182 \cdot 0,8}{44,3 \cdot 83,333} = 2,8566$	$P_1 = 0,96 \cdot \eta_H = 0,96 \cdot 0,8 = 0,768$
$\Pi_{o3} = \frac{13182 \cdot 0,8}{198,76 \cdot 83,333} = 0,6367$	$\sum P_i = 4 \cdot 0,768 = 3,072 = 4$
$\Pi_{o4} = \frac{13182 \cdot 0,8}{16,2 \cdot 83,333} = 7,8116$	$K_{з.о.} = \frac{12,05}{4} = 3,01$

Розмір партій деталей
$n = \frac{N_p \cdot a}{\Phi}$
де Φ – число робочих днів в році; a – кількість днів запаса деталей на складі; для крупних деталей – 2...3 дн.; середніх – 3...5 дн.; дрібних – 5...10 дн.
$n = \frac{1000 \cdot 2}{249} = 8 \text{ шт.}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Висновок: Виробництво середньосерійне.

2.1.5.1 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

Технологічний маршрут виготовлення деталі “Вал-шестерня” та вид обладнання приведені в таблиці 2.6.

Задачею проектування є впровадження ефективного обладнання в технологію обробки деталі, щоб знизити час на її обробку, розробка технологічного процесу з використанням верстатів з ЧПК. Також задачею курсового проекту є проектування заготовки, проектування технологічного процесу, аналітичний розрахунок припусків, розрахунок міжопераційних лінійних розмірів, режимів різання, вибір технологічного оснащення.

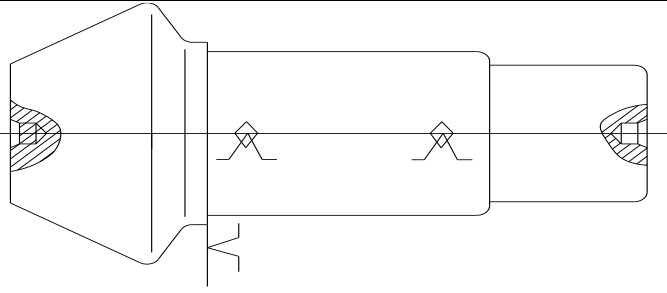
Так як верстати, які приведені в заводському технологічному процесі розраховані на виробництво деталі, а у нас стоїть задача спроектувати технологічний процес для великосерійного виробництва, то потрібно замінити їх на верстати з ЧПК та на ті верстати, що забезпечують найбільш швидке оброблення деталей, що в свою чергу зменшить допоміжний час обробки. Зменшення основного та допоміжного часу призводить до зменшення собівартості самої деталі.

Також необхідно вибрати необхідний інструмент, який не вказаний в технологічному процесі, та визначити його основні параметри.

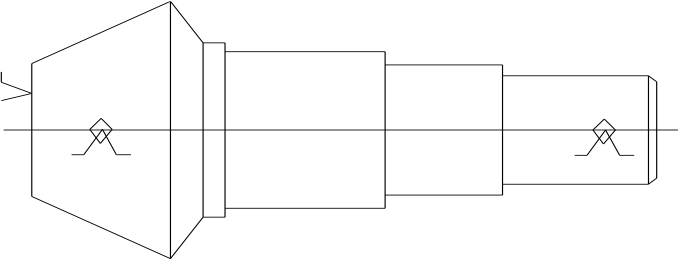
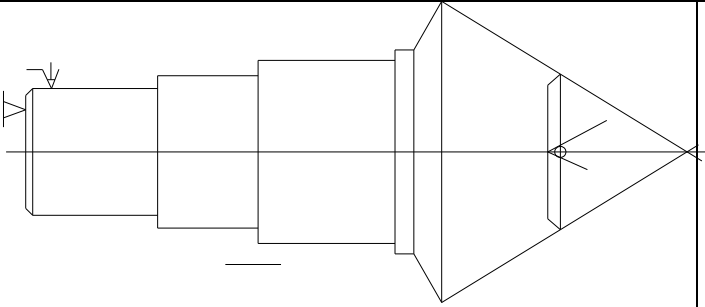
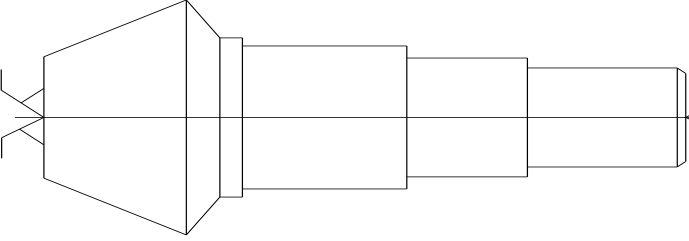
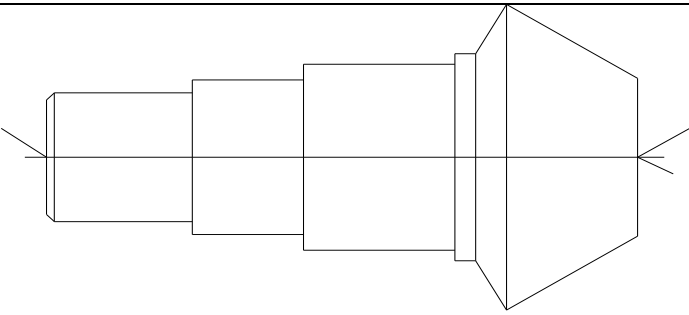
Всі ці доповнення будуть враховані при складанні технологічного процесу на дану деталь.

Як базовий, використаємо типовий технологічний процес .

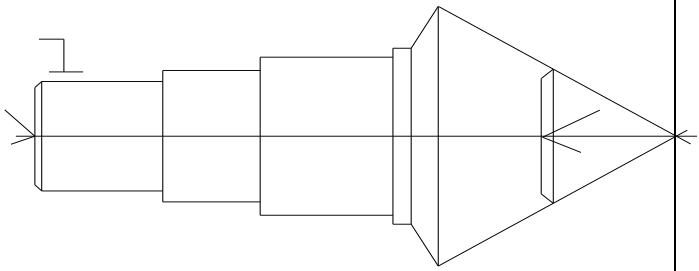
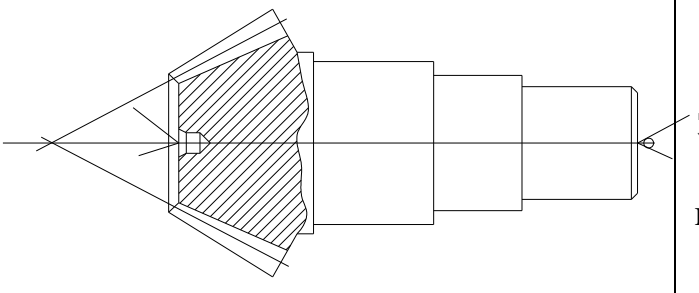
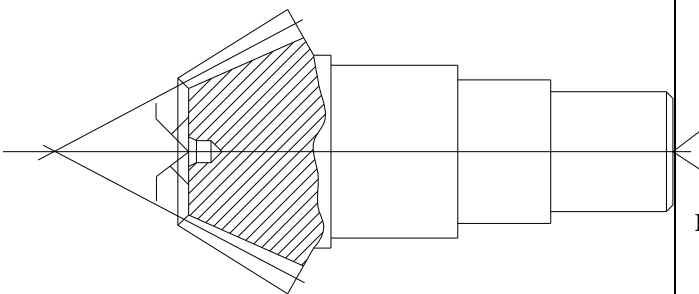
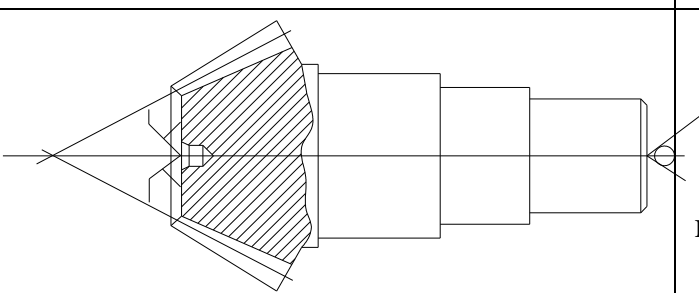
Таблиця 2.6 – Типовий технологічний процес

№ операції	Найменування операції	Ескіз	Модель і тип верстата
1	2	3	4
005	Виготовлення заготовки		
010	Фрезерування і центрування торців		Фрезерно-центрувальний верстат

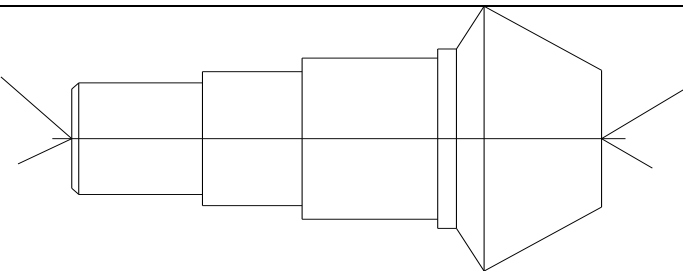
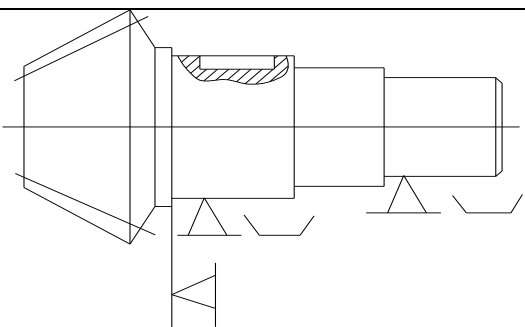
Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
015	Попередня токарна обробка по копіру з однієї сторони		Токарний копіювальний напівавтомат
020	Попередня токарна обробка з іншої сторони		Револьверний напівавтомат
025	Термообробка		Термічний цех
030	Чистова токарна обробка з однієї сторони		Токарний копіювальний напівавтомат
035	Попереднє шліфування базової шийки і торця		Круглошліфувальний верстат

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
040	Чистова токарна обробка конусних і других поверхонь під зубчастий вінець		Револьвер- ний станок підвищеної точності
045	Попереднє фрезерування зубів для зняття основного металу		Зубофрезер- ний полуавтомат
050	Попереднє зубострогання з припуском під послідуючу обробку 0,55...0,65 мм на товщину зуба		Зубостро- гальний полуавтомат
055	Чистове зубострогання, 6-а степінь точності (припуск під шліфування 0,2...0,3 мм на товщину зуба)		Зубостро- гальний полуавтомат

Продовження таблиці 2.6

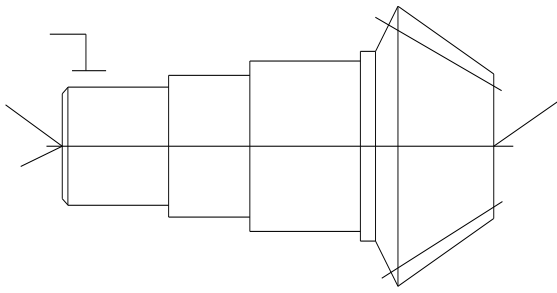
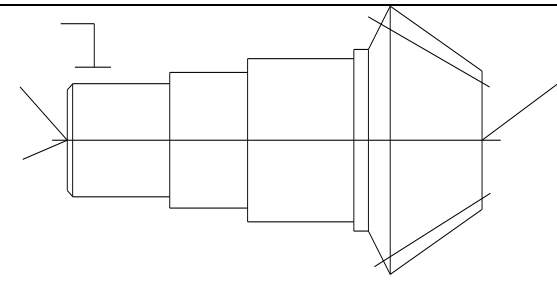
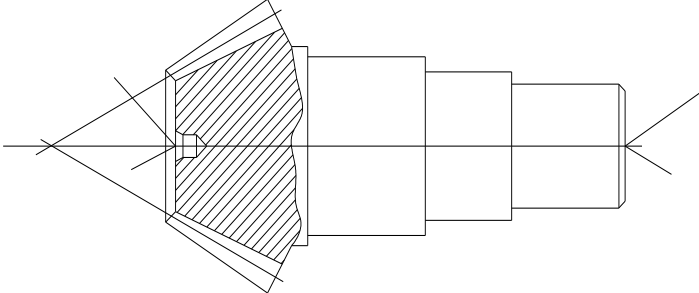
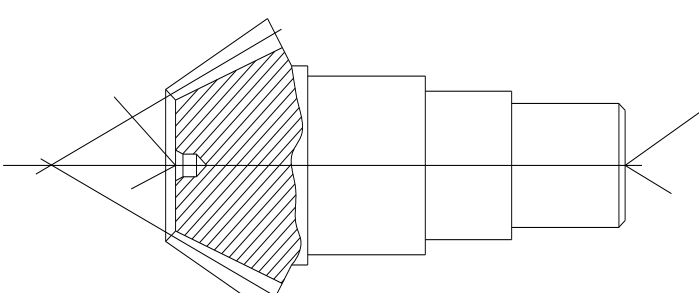
1	2	3	4
060	Промивка заготовки		Промивочна машина
065	Контроль (перевірка плями контакту		Контрольно-обкатний верстат
070	Термічна обробка: наміднення нецементуємих поверхонь для ізоляції, цементация, закалка до HRC 60, низьке відпускання		Термічний цех
075	Получистове шліфування базових шийок і торця		Круглошліфувальний верстат
080	Фрезерування канавок		Вертикально-Фрезерний верстат
085	Зняття заусенців		
090	Штучне старіння		Термічний цех

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ

Лист

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
095	Чистове шліфування базових шийок і торця, допустиме биття торця і шийок – не більше 0,003...0,005 мм Ra=1,25 мкм		Круглошліфувальний верстат підвищеної точності
100	Шліфування конусних, циліндричних і торцевих поверхонь зубчастого вінця		Круглошліфувальний верстат підвищеної точності
105	Попереднє шліфування, на викінчувальне шліфування зостається 1/3 загального припуску під шліфування		Зубошліфувальний верстат підвищеної точності
110	Викінчувальне шліфування зубів колеса Ra=1,25 мкм		Зубошліфувальний верстат підвищеної точності
115	Промивка деталі		Промивочна машина

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4
120	Кінцевий контроль, перевірка мікротріщин на дефектоскопі, підбір зубчатих колес у пари за прямою контакту		Контрольно-обкатний верстат

Для вдосконалення заводського технологічного процесу виконуємо наступні зміни:

1. Вибір сучасного верстатів з ЧПК замість гідрокопіювальних, що дозволяє забезпечити точність та якість поверхні.
2. Виключення операцій розмітки завдяки використанню верстатів з ЧПК.
3. Суміщення виконання операцій різної технологічної направленості на одному технологічному обладнанні.
4. Скорочення затрат допоміжного часу за рахунок використання автоматизованих систем затиску і закріплення заготовки на верстаті.

2.2 Проектування технологічного процесу обробки деталі

2.2.1 Вибір, техніко-економічне обґрунтування та проектування заготовки

Для виготовлення деталі типу вал-шестерня можна застосувати два варіанти заготовок:

1. заготовку, отриману методом вільного кування з використанням підкладних кілець;
2. кування на ГKM із сортового прокату у вигляді круглого прутка, попередньо обробленого з одного кінця.

Одним із ключових критеріїв вибору заготовки є орієнтація на технологію, яка забезпечує максимальну відповідність форми та розмірів майбутній деталі. Це дозволяє суттєво зменшити витрати металу, обсяг механічної обробки та тривалість виробничого циклу.

Для визначення найбільш економічного й доцільного способу отримання заготовки заповнюється матриця впливу основних факторів.

Таблиця 2.7 - Матриця впливу факторів

Способи одержання заготовки	Фактори					Сума
	річна програма випуску	форма і розміри деталі	властивості матеріалу	точність, шорсткість поверхневого шару	виробничі можливості підприємства	
Вільне кування	+	-	+	-	+	3
ГКМ	+	+	+	+	+	5

Пріоритетним є одержання заготовки шляхом обробки на ГКМ, але для повного обґрунтування доцільності вибору виконуємо техніко-економічне порівняння способів одержання заготовки.

Приведені затрати, пов'язані з виготовленням деталі з заготовки на ГКМ в порівнянні одержаної вільним куванням, грн

$$Z = A + Z_0 + E_n \cdot Z_k + O_s$$

1977,34	1601,75	131,919	0,15	105,01	227,92
---------	---------	---------	------	--------	--------

де

A - вартість заготовки:

$$A = M \cdot C \cdot K_c \cdot K_{оп} \cdot K_v \cdot K_m \cdot K_T - (M - q) \cdot Ц$$

1601,75	28,5	50,88	0,8	1	0,74	0,74	3	28,5	19	32
---------	------	-------	-----	---	------	------	---	------	----	----

M - маса заготовки, кг

C - вихідна оптова ціна 1кг заготовки, грн;

$K_c, K_{оп}, K_v, K_m, K_T$ - коефіцієнт, який враховує відповідно:

- * групу складності заготовки
- * обсяг виробництва заготовок (група серійності)
- * вагу заготовки
- * матеріал заготовки
- * клас точності поковки

q - чиста маса деталі, кг

$Ц$ - ціна 1 кг відходів, грн

$$A = 28,5 \cdot 1,5 \cdot 0,74 \cdot 0,8 \cdot 1 - (28,5 - 19) \cdot 0,048 = 24,85 \text{ грн.}$$

Z_o - зарплата по операціям механічної обробки, які відрізняються, грн:

$$Z_o = \frac{80 \cdot 41 \cdot 1,4 \cdot 1,08 \cdot 1,14 \cdot 1,4}{60} = 131,919$$

$T_{шт}$ - норма штучно-калькуляційного часу на операцію, яка відрізняється, хв

C_p - часова тарифна ставка четвертого розряду роботи, грн

K_1, K_2, K_3, K_4 - коефіцієнти, які враховують відповідно:

- * преміальні доплати станочників ($K_1 = 1,4$)
- * додаткову заплату ($K_2 = 1,08$)
- * відрахування на соціальне страхування ($K_3 = 1,4$)
- * зарплату наладчиків верстатів ($K_4 = 1,4$)

O_3 - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

O_3 - поточні затрати по експлуатації верстата, грн:

$$O_3 = \frac{200 \cdot 80}{60 \cdot 1,17} = 227,92$$

C_1 - годинні поточні затрати по експлуатації верстата, грн; $C_1 = 0,003 \cdot C_0$

K_5 - коефіцієнт виконання норм ($K_5 = 1,17$)

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності ($E_n = 0,15$)

Z_k - питомі капітальні затрати на операцію, грн

$$Z_k = \frac{26906 + 36968,8 \cdot 80}{60 \cdot 4015 \cdot 0,202} = 105,01$$

B - балансова вартість верстата, грн

$K_{ц}$ - вартість площі цеха, грн

K_n - вартість площі цеха, грн

η_B - коефіцієнт використання верстата:

100 мм - чистота поверхні 3,2/12,5 –припуск 2/1,7;

діаметр 85 мм - чистота поверхні 3,2 –припуск 2;

діаметр 154 мм - чистота поверхні 3,2 –припуск 2,3.

Додаткові припуски, які враховують зміщення по поверхні роз'ємну штампа – 0,5 мм та відхилення від площини і прямолінійності - 0,3 мм.

Розміри поковки і їх допустимі відхилення:

Розміри поковки, мм:

$$70 + (2 + 1,7) + 0,3 \cdot 2 = 74,3, \text{ приймаємо } 74,5;$$

$$100 + (2 + 1,7) + 0,3 \cdot 2 = 104,3, \text{ приймаємо } 104,5;$$

$$\text{діаметр } 85 + 2 \cdot 2 + 0,5 \cdot 2 = 90;$$

$$\text{діаметр } 154 + 2 \cdot 2,3 + 0,5 \cdot 2 = 159,6, \text{ приймаємо } 160.$$

Допустимі відхилення розмірів, мм:

$$74,5^{+1,8}_{-1,0};$$

$$104,5^{+2,1}_{-1,1}$$

$$\text{діаметр } 90^{+1,8}_{-1,0};$$

$$\text{діаметр } 160^{+2,1}_{-1,1}.$$

Визначаємо величину мінімальних радіусів зовнішніх кутів заготовки $R_{\min} = 4,0 \text{ мм}$.

Радіуси внутрішніх кутів приймаємо в 2,5 рази більше, тобто $r = 10 \text{ мм}$.

Допуски радіусів закруглення призначаємо в залежності від класу точності: для внутрішніх $10 \pm 2,5$, для зовнішніх $4,0 \pm 0,5$.

Штампувальні нахили призначаємо: на зовнішні поверхні 7° , на внутрішні 10° .

Визначаємо допустиму величину зміщення по поверхні роз'єму штампа, вона дорівнює 1,2 мм.

Допустиме відхилення від вигнутості: становить 0,8 мм.

Вибираємо величину залишкового облою. Вона не повинна бути більшою за 1,4 мм.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

цій операції деталь встановлюється на технологічну базу. Схема базування, за якою деталь буде оброблюватись на першій операції представлена на рисунку 2.3.

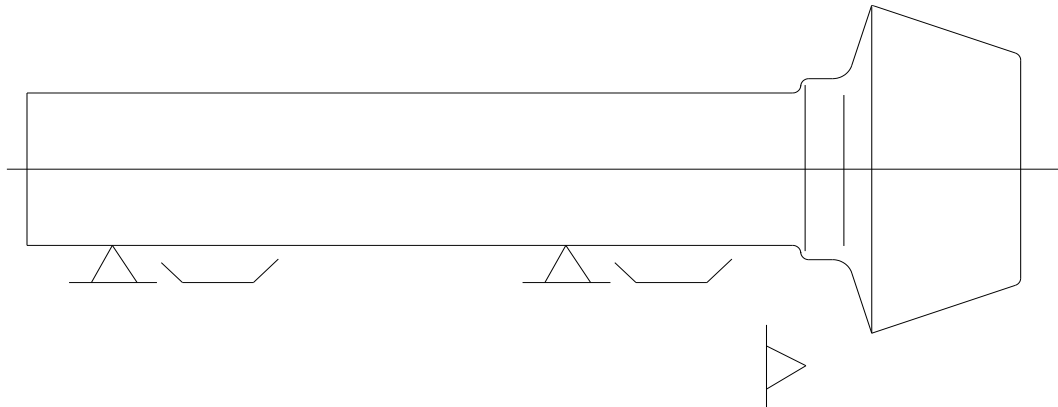


Рисунок 2.3 – Схема базування деталі на першій операції

2.2.3 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

Для зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь визначається кількість послідовних переходів, які забезпечують поступове досягнення необхідної точності та шорсткості. Отримані дані заносяться до таблиці 2.8. Під час її формування використовуємо нумерацію поверхонь, визначену під час аналізу їх якості.

Для обґрунтування кількості технологічних переходів застосовується коефіцієнт уточнення, який розраховується на основі запланованої схеми обробки.

$$K_{ym} = \frac{T_{заг}}{T_{дет}}, \quad (2.21)$$

де $T_{заг}$ – допуск відповідної поверхні заготовки,

$T_{дет}$ – допуск відповідної поверхні деталі.

Розрахунок кількості переходів проводиться за наступною формулою:

$$n = \frac{\lg K_{ym}}{0,46}. \quad (2.22)$$

Розрахуємо кількість переходів на обробку поверхні 7, яка слугуватиме базою при обробці деталі:

$$K_{ym} = \frac{0,350}{0,320} = 1,09$$

$$n = \frac{\lg 1,09}{0,46} = 0,08.$$

Робимо висновок, що для обробки цієї поверхні необхідно зробити один перехід, що і відображаємо у таблиці 2.8

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблиця 2.8 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість Ra, мкм	Точність IT	Допуск Т, мкм
1	2	3	4	5
1, 34 2290	Заготовка 1. Точіння чорнове	25 12,5	16 14	11000 4400
2, $\phi 150$	Заготовка 1. Точіння чорнове	25 6,3	16 14	2500 1000
3, 22,5	1. Точіння чорнове	6,3	14	520
4 $\phi 138$	1. Точіння чорнове	6,3	14	1000
5, 40	1. Точіння чорнове	6,3	14	620
6 $\phi 170$	1. Точіння чорнове	6,3	14	1000
7, 30 60	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове	12,5 6,3	14 12	740 300
8, 29 $\phi 150h9$	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове 3. Точіння чистове	12,5 6,3 3,2	14 12 9	1000 400 100
9, 28 310	Заготовка 1. Точіння чорнове	25 6,3	16 14	3200 1300
10, 27 $\phi 170$	Заготовка 1. Точіння чорнове	25 6,3	16 14	2500 1000
11, 26 220	1. Точіння чорнове	6,3	14	1150
13, 24, 210	1. Точіння чорнове	6,3	14	1150

Продовження таблиці 2.8

1	2	3	4	5
14, 23 $\phi 220h9$	Заготовка 1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове 3. Точіння чистове 4. Точіння тонке	25 12,5 6,3 3,2 0,8	16 14 12 10 9	2900 1150 460 185 115
15, 22 40	Заготовка 1. Точіння чорнове	25 6,3	16 14	1600 620
16 $\phi 220$	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове 3. Точіння чистове 4. Точіння тонке	12,5 6,3 3,2 1,6	14 12 10 9	1150 460 185 115
17 R25	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове 3. Точіння чистове	12,5 3,2 1,6	16 15 15	1300 840 840
18, 21 1000	Заготовка 1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове 3. Точіння чистове	25 12,5 3,2 1,6	16 14 13 12	5600 2300 1400 900
19 паз b=20	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове	12,5 6,3	16 15	1300 840
20 $\phi 400$	Заготовка 1. Точіння чорнове	50 25	17 16	5700 3600
27, $\phi 170$	1. Точіння чорнове	6,3	14	1000
31, $\phi 170$	Заготовка 1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове	25 12,5 6,3	16 14 11	2500 1000 250
32, 45	1. Точіння чорнове	25 6,3	16 14	1600 620
33 $\phi 120$	1. Точіння чорнове 2. Точіння напівчистове	12,5 6,3	14 11	870 220
35, 40 b=16	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове	12,5 6,3	14 11	430 110
36, 39 b=20	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове	12,5 6,3	14 12	520 210
37, 38 b=24	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове	12,5 6,3	14 12	520 210
41 b=43, n=6	1. Фрезерування чорнове 2. Фрезерування чистове	12,5 3,2	14 11	620 160

2.2.4 Розробка маршруту обробки деталі

На основі базового ТП і задач проектування розробити технологічну послідовність обробки деталі і заповнити таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Розробка маршруту обробки деталі “Вал – шестерня ”

№	Найменування операції	№ оброб. поверхні.	№ базув. поверхні	Модель верстата
010	Фрезерно-центрувальна	1,9	12,15,7	XZK8230-3000 з ЧПК (Китай)
015	Контрольна			
020	Токарна чорнова ЧПК I установ II установ	10,11,12,13,15,16 17,8	1,9,17 1,9	Токарний верстат з ЧПК SPU 20 CNC KOVOSVIT MAS «a.s»
025	Контрольна			
030	Токарна чистова ЧПК I установ II установ	10,11,12,13,15,16 17,8	1,9,17 1,9	LB 200 OKUMA
035	Контрольна			
040	Токарна чистова ЧПК	21	1,9	Токарний верстат з ЧПК ЧПК 16K20Ф3
045	Контрольна			
050	Зубофрезерна	23	1,9	5E32
055	Контрольна			

Продовження таблиці 2.9				
1	2	3	4	5
060	Фрезерна ЧПК	22	12,15,7	6P13Ф3
065	Контрольна			
070	Термообробка			
070	Круглошліфувальна	12,13,15	1,9,11	3Т160
075	Контрольна			

2.2.5 Розробка технологічних операцій

Для всіх операції вибираємо модель верстатного устаткування і необхідний ріжучий інструмент і заносимо дані у таблицю 2.10

Таблиця 2.10 – Розробка технологічних операцій

№ операції	1. Назва операції 2. Тип верстату 3. Зміст переходів технологічної операції	Верстатний пристрій	Інструмент (різальний, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
010	1. Фрезерно - центрувальна 2. ХЗК8230-3000 з ЧПК (Китай) – встановити, вивірити, закріпити; – фрезерувати торці – центрувати отвори	Призми (при верстаті) і затискні планки	Фреза торцюва з гвинтовим кріпленням пластин VP15TF ASX445-160C10R $D_1 = 160$ мм, $z = 10$, $D_2 = 173$ мм, $L_1 = 63$ мм, $N_1 = 16,4$ мм, тип 3. Свердло центрувальне В $\phi 12$ VP15TF MAS1200MB $D_1 = 12$ мм, $L_1 = 106$ мм. Шаблон.
015	Контрольна		
020	1. Токарна чорнова з ЧПК 2. Токарний верстат з	Трьохкулачковий патрон і люнет, центр	Різець токарний VP15TF TNMG160408-GH Державка

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
	ЧПК SPU 20 CNC KOVOSVIT MAS «a.s» 3. Установ А: – встановити в патроні, люнеті, вивірити, закріпити; – точити поверхні 10,11,12,13,15,16 Установ Б: – переустановити деталь, встановити в патроні, люнеті, вивірити, закріпити; – точити поверхні 8,17		MTXNN8080M11 $D_1 = 9,525$ мм, $S_1 = 4,76$ мм, $Re = 0,8$ мм, $D_2 = 3,81$ мм. Шаблон Я-1116
025	Контрольна		
030	1. Токарна чистова ЧПК 2. Токарний верстат з ЧПК SPU 20 CNC KOVOSVIT MAS «a.s» 3. Установ А: – встановити в патроні, люнеті, вивірити, закріпити; – точити поверхні 10,11,12,13,15,16 Установ Б: – переустановити деталь, встановити в патроні, люнеті, вивірити, закріпити; – точити поверхні 8,17	Трьохкулачковий патрон і люнет, центр.	Різець токарний VP15TF TNMG160408-GH Державка MTXNN8080M11 $D_1 = 9,525$ мм, $S_1 = 4,76$ мм, $Re = 0,8$ мм, $D_2 = 3,81$ мм. Шаблон Я-1116.
035	Контрольна		
040	1. Токарна чистова ЧПК 2. Токарний верстат з ЧПК 16K20Ф3 3. встановити в патроні, люнеті, вивірити, закріпити;	Трьохкулачковий патрон і люнет, центр.	Різець токарний VP15TF TNMG160408-GH Державка MTXNN8080M11 Різець токарний VP15TF TNMG160408-GH

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ

Лист

			Державка MTXNN8080M11 Різець канавковий Спеціальний Різець різьбовий
--	--	--	--

Продовження таблиці 2.10

1	2	3	4
	-точити поверхню —вивірити, закріпити; – точити канавку 21. -нарізати різьбу М32*2		
045	Контрольна		
045	Контрольна		
050	1. Фрезерна 2. Фрезерний з ЧПК 6Р13Ф3 3. Установ А: – встановити, вивірити, закріпити; – перехід 1: – фрезерувати начорно поверхню 23; – перехід 2: – фрезерувати начисто поверхню 23.	Повідковий патрон, передній та задній центра	Фреза дискова модульна. Шаблон ШЛ-449
045	Контрольна		
060	1. Фрезерна 2. Фрезерний ЧПК 6Р13Ф3 3. Фрезерувати шпонковий паз.	Призми (при верстаті) та затискні планки	Фреза шпонкова VC2МК VC2MSD2400 $D_1 = 13$ мм, $L_p = 45$ мм, $L_1 = 120$ мм, $D_4 = 14$ мм, N=2, тип 1.
065	Контрольна		
070	1. Термообробка: – низькотемпературний релаксаційний відпал; – зміцнююча		

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

	високотемпературна обробка.		
075	1.Круглошліфувальна 2.3Т160 3.Шліфувати поверхню 12,13,15.	Центра 7032-0032 ДСТУГОСТ 13214-79	Круг шліфувальний 24А2501К ДСТУГОСТ 2424-75
080	Контрольна		

2.2.6 Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

Таблиця 2.11 - Вибір міжопераційних розмірів і припусків на обробку

№ пов., розмір	Найменування переходів	Шорст- кість, Ra	Точ- ність ІТ	Допуск Т, мм	При- пуск t, мм	Розмір з допуском
1	2	3	4	5	6	7
1 Ø132m6	Заготовка	-	-	+3 -3	-	Ø146±3
	Чорнове точіння	12,5	10	0,160	14	Ø134 _{-0,160}
	Чистове точіння	6,3	6	0,025	2	Ø132 _{+0,040 -0,015}
1	2	3	4	5	6	7
2 Ø170h1 4/ Ø172s6	Заготовка	-	-	+1,3 -0,7	-	Ø201±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,62	37	Ø172/ Ø174
	Чистове точіння	3,2	10	0,1	2	Ø170 _{+0,160} / Ø 172 _{+0,133 +0,108}
3 Ø172s6	Заготовка	-	-	+1,3 -0,7	-	Ø201±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,74	2	Ø 174
	Чистове точіння	6,3	14	0,12	2	Ø172 _{+0,133 +0,108}
4 Ø180h1 4	Заготовка	-	-	+1,3 -0,7	-	Ø201±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,74	2	Ø182
	Чистове точіння	10	14	0,160	2	Ø180
5 Ø272,1h 14	Заготовка	-	-	+4 -4	-	Ø283±4
	Чорнове точіння	12,5	14	0,74	9	Ø274 _{-0,74}
	Чистове точіння	6,3	10	0,74	2	Ø272 _{-0,74}
6 Ø132m6	Заготовка	-	-	+3 -3	-	Ø167±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,160	33	Ø134 _{-0,160}
	Чистове точіння	6,3	10	0,025	2	Ø132 _{+0,040 -0,015}

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.02. ПТВВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7 Ø150h1 4	Заготовка	-	-	+3 -3	-	Ø167±3
	Чорнове точіння	12,5	14	1	13	Ø154 ₋₁
	Чистове точіння	10	14	1	2	Ø152 ₋₁
8 L93H14	Чорнове точіння	12,5	14	0,87	0,4	L92,1 _{-0,87}
	Чистове точіння	6,3	10	0,87	0,3	L92 _{-0,87}
Продовження таблиці 2.11						
1	2	3	4	5	6	7
10 L197H1 4	Заготовка	-	-	+2,1 -1,1	-	206±3
	Чорнове точіння	12,5	14	1,15	6,8	198,2 _{-1,15}
	Чистове точіння	3,2	14	1,15	0,2	198 _{-1,15}
11 L10H14	Заготовка	-	-	+3 -3	-	206±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,36	7,8	11,2 _{-0,36}
	Чистове точіння	3,2	14	0,36	0,2	11 _{-0,36}
12 L262	Заготовка	-	-	±4	-	L 273±4
	Чорнове точіння	12,5	14	1,3	9,8	L262,2 _{-1,3}
	Чистове точіння	6,3	14	1,3	0,2	L262 _{-1,3}
13 L95	Заготовка	-	-	+1,6 -0,9	-	130±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,87	2,9	L95,1 _{-0,87}
	Чистове точіння	3,2	11	0,87	0,1	L95 _{-0,87}
14 L25	Заготовка	-	-	+1,4 -0,8	-	130±3
	Чорнове точіння	12,5	14	0,52	2,9	25,2 _{-0,53}
	Чистове точіння	3,2	14	0,52	0,1	25 _{-0,53}

Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню Ø70к6 (Ø70^{+0,021}_{+0,002}) проводимо за формулою.

$$2z_{\min} = 2 \left(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \quad (2.23)$$

З МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК OKUMA LB-200 оснащеному системою керування FANUC, яка забезпечує виконання всіх основних видів токарної обробки за заздалегідь підготовленою програмою. Система ЧПК дозволяє програмувати рух за двома координатами з дискретністю задання та відпрацювання 0,001 мм, причому можливе їх одночасне оброблення.

У якості верстатного пристрою використовується трьохкулачковий патрон з незалежним переміщенням кулачків, встановлений на шпинделі. Інструментальним пристроєм слугує різцетримач із циліндричним хвостовиком та перпендикулярним відкритим пазом, призначений для верстатів із числовим програмним керуванням.

Вся необхідна інформація щодо інструменту та режимів різання, потрібна для розроблення керуючої програми, наведена в таблиці.

Для виконання операції точіння обирається різець із механічним кріпленням змінної пластини за допомогою прижима та болта, виробництва компанії ZCC-CT. Форма пластини — ламаний трикутник із радіусом заокруглення вершини R0,8 мм.

Державка різця – DWLNR-252508;

D – тип кріплення пластини: подвійний прижим кронштейну);

W – форма різальної пластини: ламаний трикутник;

L – тип державки по куту в плані – 95° ;

N – задній кут різця - 0°;

R – різець правий;

25×25 – переріз державки;

08 – довжина різальної кромки.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.03.МПОВ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Маркевич				МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Кіяновський						31	
Реценз.						Каф. ТМ гр. ПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

WN**Подходящая форма пластин для данного вида державки

Способ крепления пластины - D

DWLNR/ L

Kr:95°

Маркировка державок		Наличие		Основные размеры (mm)						ВИНТ	ПОДКЛАДКА для пластин	КЛЮЧ	КРОНШТЕЙН	УПОРНАЯ ВТУЛКА	ПРУЖИНА
		R	L	a	b	L	h	s	e						
DWLNR/L	1616H06	●	○	16	16	100	16	20	24						
	2020K06	●	●	20	20	125	20	25	24	CM5×22C	W06AP	WT15P	C2RH	SP3	SPR6
	2525M06	●	●	25	25	150	25	32	24						
	2020K08	●	●	20	20	125	20	25	31						
	2525M08	●	●	25	25	150	25	32	31	CM6×25C	W08AP	WT20P	C1RH	SP4	SPR4
	3225P08	○	○	32	25	170	32	32	31						

Рисунок 3.1 – Державка різця

Для сталі 40ХН, яка належить до групи сталей, підходять пластини, показані рисунках 3.1 та 3.2, оскільки вони дають стабільний процес різання. Сплав пластин YBC152.



Рисунок 3.2 – Пластина WNMG-DM



Рисунок 3.3 – Пластина WNMG-PM

Для створення керуючої програми застосовуємо CAD/CAM систему DELCAM Feature CAM. Для створення програми в даній системі необхідно побудувати 3D моделі деталі на дану операцію та модель попередньої обробки деталі.

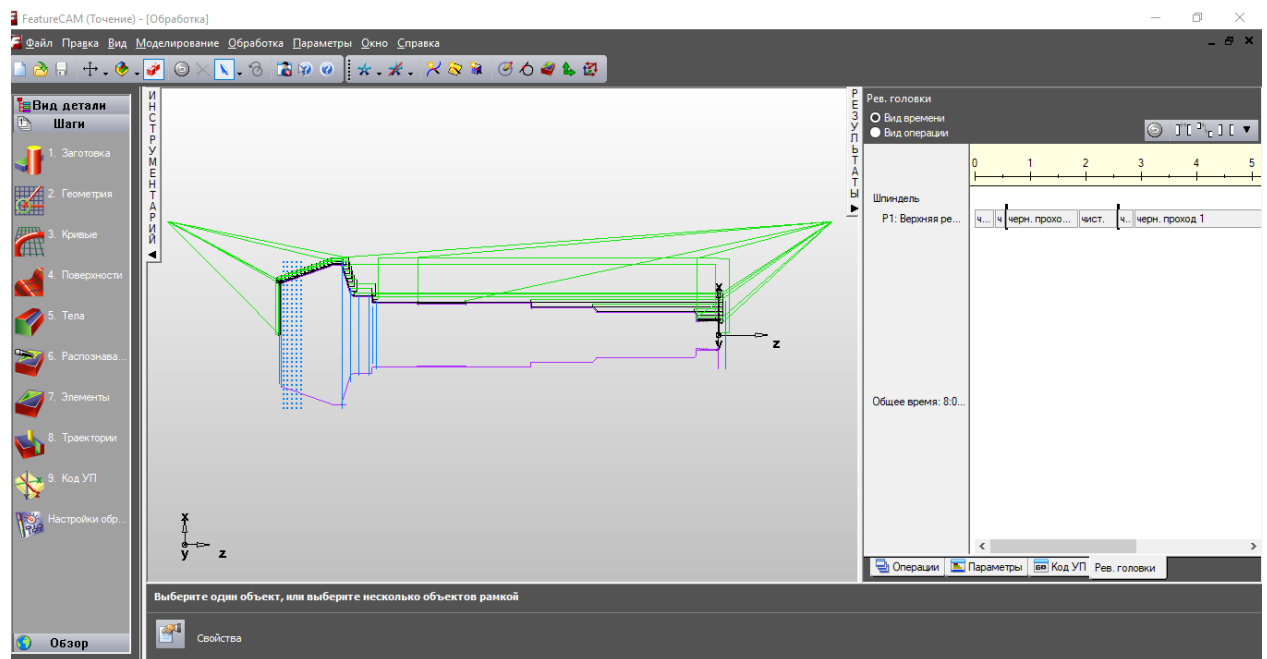


Рисунок 3.4- Вибір траєкторії переміщення інструменту

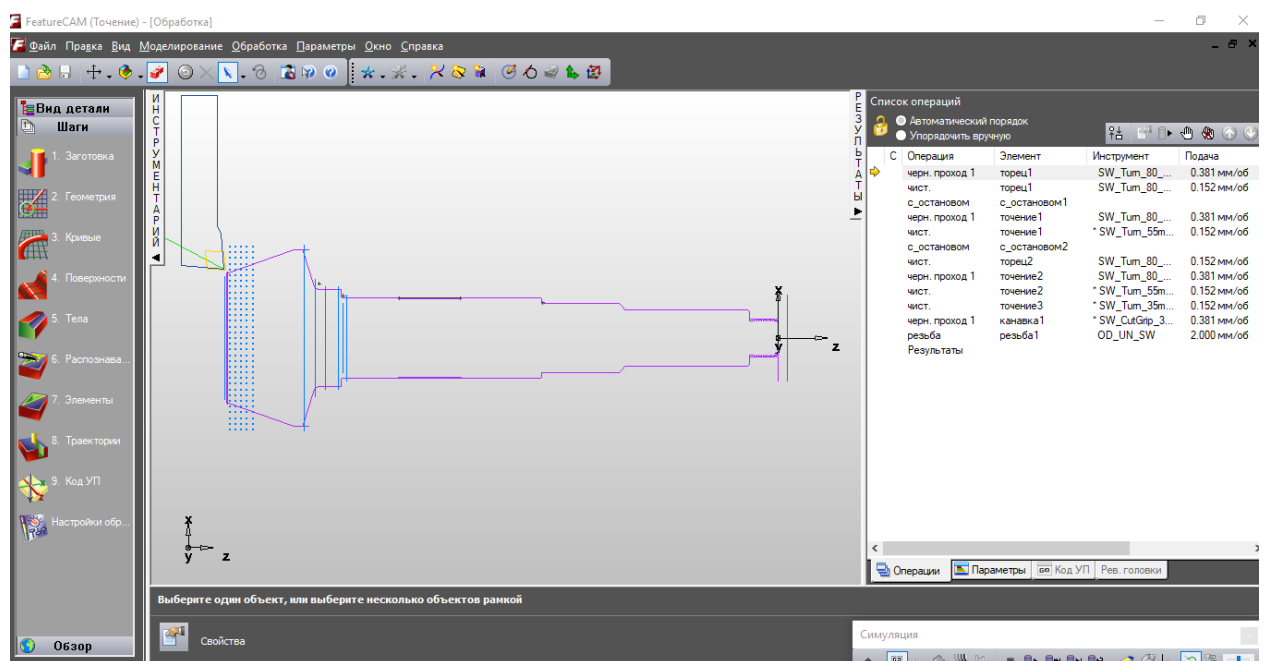


Рисунок 3.5- Вибір послідовності обробки та режимів різання для підрізання торців, чорнова обробка

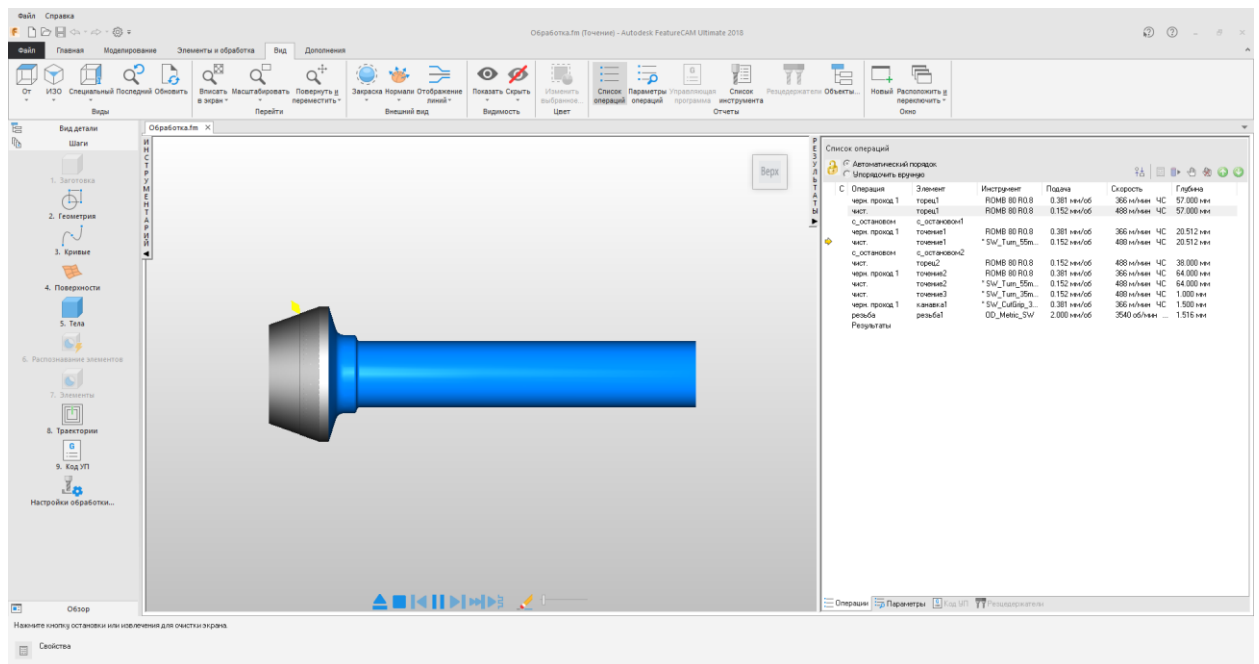


Рисунок 3.8 – Обработка конической поверхности

Керуюча програма

%	
Обработка (FILENAME =	N915 X4.1378 Z-16.0704
Обработка)	N920 G40 X4.374
N20 G20 G40	N925 G0 Z-14.9197
N25 G28 U0	N930 G42 G1 X3.378
N30 G28 W0	N935 Z-15.8097
(OPERATION: ROUGH	N940 G2 X3.6484 Z-15.9938
FACE ТОРЕЦІ)	R0.1929
N40 T101	N945 G1 X3.7579 Z-16.0109
N45 G50 S3000	N950 G40 X3.9941
N50 G96 S1200 M4	N955 G0 Z-14.8508
N55 G0 X4.6614 Z0.0453 M8	N960 G42 G1 X3.0827
N60 G1 X-0.063 F0.01	N965 Z-15.0531
N65 Z0.0787	N970 X3.3701
N70 X-0.0352 Z0.0927	N975 G3 X3.378 Z-15.0571
N75 G0 X4.6614	R0.0039
N80 G1 Z0.0118	N980 G40 G1 X3.6142
N85 X-0.063	N985 G0 Z0.1209
N90 Z0.0453	N990 G42 G1 X2.7874
N95 X-0.0352 Z0.0592	N995 Z-14.9783
N100 G0 Z0.1969	N1000 G2 X2.937 Z-15.0531
(OPERATION: FINISH	R0.0748
FACE ТОРЕЦЬ І)	N1005 G40 G1 X3.3189
N110 G0 X4.7244	N1010 G0 Z0.1209
N115 G50 S3000	N1015 G42 G1 X2.3937
N120 G96 S1600	N1020 Z-8.128
N125 G0 X4.7244 Z0.1969	N1025 G2 X2.4646 Z-8.1634
M8	R0.0354
	N1030 G1 X2.7795
	N1035 G3 X2.7874 Z-8.1673

N130 Z0. N135 G1 X-0.063 F0.01 N140 X0.1486 Z0.1058	R0.0039 N1040 G40 G1 X3.0236
(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧІННЯ1) N150 G0 X6.2991 Z-2.3079 N155 G50 S3000 N160 G96 S1200 N165 G0 X6.2991 Z-2.3079 M8 N170 G42 G1 Z-2.426 F0.01 N175 Z-2.6118 N180 X6.4172 Z-2.5933 N185 G40 X6.6534 N190 G0 Z-2.1406 N195 G42 G1 X6.181 N200 Z-2.6303 N205 X6.2991 Z-2.6118 N210 G40 X6.5353 N215 G0 Z-1.9733 N220 G42 G1 X6.0629 N225 Z-2.1639 N230 X6.0945 Z-2.2087 N235 Z-2.6438 N240 X6.181 Z-2.6303	N1045 G0 Z0.1209 N1050 G42 G1 X2.0 N1055 Z-5.311 N1060 X2.1102 N1065 G3 X2.1158 Z-5.3122 R0.0039 N1070 G1 X2.3914 Z-5.45 N1075 G3 X2.3937 Z-5.4528 R0.0039 N1080 G40 G1 X2.6299 N1085 G0 Z0.1209 N1090 G42 G1 X1.6654 N1095 Z-0.9803 N1100 X1.8346 N1105 G3 X1.8402 Z-0.9815 R0.0039 N1110 G1 X1.9977 Z-1.0602 N1115 G3 X2.0 Z-1.063 R0.0039 N1120 G40 G1 X2.2362 N1125 G0 Z0.1209 N1130 G42 G1 X1.3307
N245 G40 X6.4172 N250 G0 Z-1.8061 N255 G42 G1 X5.9448 N260 Z-1.9966 N265 X6.0629 Z-2.1639 N270 G40 X6.2991 N275 G0 Z-1.6388 N280 G42 G1 X5.8266 N285 Z-1.8293 N290 X5.9448 Z-1.9966 N295 G40 X6.181 N300 G0 Z-1.4715 N305 G42 G1 X5.7085 N310 Z-1.6621 N315 X5.8266 Z-1.8293 N320 G40 X6.0629 N325 G0 Z-1.3042 N330 G42 G1 X5.5904 N335 Z-1.4948 N340 X5.7085 Z-1.6621 N345 G40 X5.9448 N350 G0 Z-1.137 N355 G42 G1 X5.4723 N360 Z-1.3275	N1135 Z-0.9803 N1140 G40 X1.9016 N1145 G0 Z0.1209 N1150 G42 G1 X1.0528 N1155 Z0.0028 N1160 X1.3284 Z-0.135 N1165 G3 X1.3307 Z-0.1378 R0.0039 N1170 G40 G1 X1.5669 N1175 G0 X3.6772 Z0.1496 N1180 G28 U0 N1185 G28 W4.9213 (OPERATION: FINISH TURN ТОЧІННЯ2) N1195 T202 N1200 G50 S3000 N1205 G96 S1600 M4 N1210 G0 X0.9625 Z0.1141 M8 N1215 G42 G1 X1.0236 Z0. F0.01 N1220 X1.2992 Z-0.1378 N1225 Z-0.9843 N1230 X1.811

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 03.МПОБ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

N365 X5.5904 Z-1.4948 N370 G40 X5.8266 N375 G0 Z-0.9697 N380 G42 G1 X5.3542					N1235 X1.9685 Z-1.063 N1240 Z-5.315 N1245 X2.0866 N1250 X2.3622 Z-5.4528					
N385 Z-1.1602 N390 X5.4723 Z-1.3275 N395 G40 X5.7085 N400 G0 Z-0.8024 N405 G42 G1 X5.2361 N410 Z-0.993 N415 X5.3542 Z-1.1602 N420 G40 X5.5904 N425 G0 Z-0.6352 N430 G42 G1 X5.118 N435 Z-0.8257 N440 X5.2361 Z-0.993 N445 G40 X5.4723 N450 G0 Z-0.4679 N455 G42 G1 X4.9999 N460 Z-0.6584 N465 X5.118 Z-0.8257 N470 G40 X5.3542 N475 G0 Z-0.3006 N480 G42 G1 X4.8818 N485 Z-0.4912 N490 X4.9999 Z-0.6584 N495 G40 X5.2361 N500 G0 Z-0.1333 N505 G42 G1 X4.7637 N510 Z-0.3239 N515 X4.8818 Z-0.4912 N520 G40 X5.118 N525 G0 Z0.0339 N530 G42 G1 X4.6455 N535 Z-0.1566 N540 X4.7637 Z-0.3239 N545 G40 X4.9999 N550 G0 Z0.1878 N555 G42 G1 X4.5274 N560 Z0.0107 N565 X4.6455 Z-0.1566 N570 G40 X4.8818 N575 G0 Z0.1969 N580 G42 G1 X4.4794 N585 Z0.0787 N590 X4.5274 Z0.0107 N595 G40 X4.7637 N600 G0 X4.8266 Z0.2283 N605 G28 U0 N610 G28 W4.9213					N1255 Z-8.128 N1260 G2 X2.4409 Z-8.1673 R0.0394 N1265 G1 X2.7559 N1270 Z-14.9783 N1275 G2 X2.9134 Z-15.0571 R0.0787 N1280 G1 X3.3465 N1285 Z-15.8097 N1290 G2 X3.6224 Z-15.9975 R0.1969 N1295 G1 X6.063 Z-16.3799 N1300 G40 X6.2992 N1305 G0 X6.7322 Z-16.3424 N1310 G28 U0 N1315 G28 W4.9213 (OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ3) N1325 T303 N1330 G50 S3000 N1335 G96 S1600 M4 N1340 G0 X2.9885 Z-10.9027 M8 N1345 G42 G1 X2.7559 Z- 10.9232 F0.01 N1350 X2.6784 Z-10.9558 N1355 G2 X2.6772 Z-10.9626 R0.0394 N1360 G1 Z-13.0492 N1365 G2 X2.7559 Z-13.0886 R0.0394 N1370 G40 G1 X2.9921 N1375 G0 X6.7322 Z-13.0492 N1380 G28 U0 N1385 G28 W4.9213 (OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER КАНАВКА1) N1395 T404 N1400 G50 S3000 N1405 G96 S1200 M4 N1410 G0 X1.5354 Z-0.9646 M8 N1415 G1 X1.1811 F0.01 N1420 G0 X6.6377 N1425 G28 U0 N1430 G28 W4.9213					
					KHV.KMP. 131.25.1-09. 03.МПОВ					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

(OPERATION: FINISH
TURN ТОЧІННЯ1)

N620 T202

N625 G50 S3000

N630 G96 S1600 M4

N635 G0 X4.4911 Z0.1949

M8

N640 G42 G1 X4.4479

Z0.0787 F0.01

N645 X6.063 Z-2.2087

N650 Z-2.7559

N655 G40 X6.2992

N660 G0 X6.7322

N665 G28 U0

N670 G28 W4.9213

(OPERATION: FINISH
FACE ТОРЕЦЬ2)

N680 T101

N685 G50 S3000

N690 G96 S1600 M4

N695 G0 X3.2283 Z0. M8

N700 G1 X-0.063 F0.01

N705 X0.1486 Z0.1058

N710 G0 Z0.4353

(OPERATION: ROUGH
TURN ТОЧІННЯ2)

N720 G0 X6.6534 Z0.4668

N725 G50 S3000

N730 G96 S1200

N735 G0 X6.6534 Z0.4668

M8

N740 X6.7164 Z-14.7856

N745 X6.0373 Z-16.1445

N750 G42 G1 Z-16.3681

F0.01

N755 X6.089 Z-16.3762

N760 X6.379

N765 X6.4172 Z-16.3221

N770 G40 X6.6534

N775 G0 Z-16.0849

N780 G42 G1 X5.6574

N785 Z-16.3085

N790 X6.0373 Z-16.3681

N795 G40 X6.2735

N800 G0 Z-16.0254

N805 G42 G1 X5.2775

N810 Z-16.249

N815 X5.6574 Z-16.3085

N820 G40 X5.8936

N825 G0 Z-15.9659

(OPERATION: THREAD:
OUTER РІЗЬБА1)

N1440 T505

N1445 G97 S3000 M4

N1450 G0 X1.5284 Z0.1836

M8

N1455 X1.2705 Z0.1121

N1460 G32 X1.2705 Z-0.9185

F0.07874

N1465 G0 X1.5284

N1470 Z0.1836

N1475 X1.2532 Z0.1073

N1480 G32 X1.2532 Z-0.9233

F0.07874

N1485 G0 X1.5284

N1490 Z0.1836

N1495 X1.2387 Z0.1033

N1500 G32 X1.2387 Z-0.9273

F0.07874

N1505 G0 X1.5284

N1510 Z0.1836

N1515 X1.2264 Z0.0999

N1520 G32 X1.2264 Z-0.9308

F0.07874

N1525 G0 X1.5284

N1530 Z0.1836

N1535 X1.2155 Z0.0969

N1540 G32 X1.2155 Z-0.9338

F0.07874

N1545 G0 X1.5284

N1550 Z0.1836

N1555 X1.2059 Z0.0942

N1560 G32 X1.2059 Z-0.9364

F0.07874

N1565 G0 X1.5284

N1570 Z0.1836

N1575 X1.1972 Z0.0918

N1580 G32 X1.1972 Z-0.9388

F0.07874

N1585 G0 X1.5284

N1590 Z0.1836

N1595 X1.1894 Z0.0896

N1600 G32 X1.1894 Z-0.941

F0.07874

N1605 G0 X1.5284

N1610 Z0.1836

N1615 X1.1821 Z0.0876

N1620 G32 X1.1821 Z-0.943

F0.07874

N1625 G0 X1.5284

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-09. 03.МПОВ

Лист

N830 G42 G1 X4.8976 N835 Z-16.1895 N840 X5.2775 Z-16.249	N1630 Z0.1836 N1635 X1.1755 Z0.0858
N845 G40 X5.5137 N850 G0 Z-15.9064 N855 G42 G1 X4.5177 N860 Z-16.13 N865 X4.8976 Z-16.1895 N870 G40 X5.1338 N875 G0 Z-15.8468 N880 G42 G1 X4.1378 N885 Z-16.0704 N890 X4.5177 Z-16.13 N895 G40 X4.7539 N900 G0 Z-15.7353 N905 G42 G1 X3.7579 N910 Z-16.0109	N1640 G32 X1.1755 Z-0.9449 F0.07874 N1645 G0 X1.5284 N1650 Z0.1836 N1655 X1.1755 Z0.0858 N1660 G32 X1.1755 Z-0.9449 F0.07874 N1665 G0 X1.5284 N1670 Z0.1836 N1675 G28 U0 N1680 G28 W0 N1685 M30 %

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 03.МПОВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВЕРСТАТІВ З ЧПК

Визначаємо доцільність використання верстату з ЧПК OKUMA LB-200 замість трьох універсальних 16K20.

Вихідні дані					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	16K20	4-й верстат	LB-200 OKUMA
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	1000				1000
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z, років	3				3
Штучний час обробки деталі tшт, хв.	163	163	163		150,3
Час наладки верстата, хв.	51	51	51		55
Розряд:					
	5				5
	5	5	5		4
	4	4	4		4
наладчика інструменту					4
Кількість кадрів програми, шт.					500
Вартість заготовки Sзаг, грн.	1420,06				1420,06

Вартість комплекту спец. пристосувань					
Kпр, грн					
Оптова ціна на прокат одного УСП Цуп, грн					
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	10	10	10		25
Середній період стійкості інструменту, хв.	60	60	60		90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	1		3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному Kт	0,1	0,1	0,1		0,25
Вартість одного кадру ПК, грн.					150
Вартість розробки ПК Kпк, грн.					2500
Середньочасова зарплата робітника, грн:					
верстатника Нст	41	41	41		39
наладчика Ннал	22	22	22		22
наладчика інструмента Нін					40
контролера Нк	35				35

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.04.ТЕА			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Маркевич				ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВЕРСТАТІВ		Лит.	Лист
Провер.	Кіяновський							40
Реценз.							Каф.ТМ гр.ПМ-24м	
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н		А
Маса верстата, т	3,035	3,035	3,035		4
Габарити верстата (довжина х ширина), м.	2,8 х 3,2	2,8 х 3,2	2,8 х 3,2		3,4 х 4,4
Габарити пристрою ЧПК, м					0,5 х 0,5
Тип пристрою ЧПК					Fanuc
Строк служби верстата до капітального ремонту Т _{рп} , років	5	5	5		7
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	10	10	10		30

Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини R _м	53	53	53		100
електротехнічної частини R _е	43	43	43		99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	1	1		2
Оптова ціна верстата Ц, грн.	26906	26906	26906		570000
Коефіцієнт завантаження верстата η _з	0,8	0,8	0,8		0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	25,0	25,0	25,0		35,0
Площа пристрою ЧПК А _у , м. кв.					0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини H _м	215	215	215		315
електротехнічної частини H _е	120	120	120		240

Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q, грн.					5800
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	0,3	0,3	0,3		0,5
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1		1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата Φоб, год	3975	3975	3975		4015
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цплзд, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб, грн	1000				1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аб, м. кв.	7				7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	180	180	180		180

Розрахунок допоміжних показників					
Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	16K20	4-ий верстат	LB-200 OKUMA
Трудомісткість обробки Тшт, год	2716,67	2716,667	2716,667	0	2505
Час наладки верстата впродовж року Тн, год	10,2	10,2	10,2	0	11
Час наладки інструмента поза верстатом впродовж року Тнів, год	470,889	470,89	470,8889	0	241,22
Час контролю деталей впродовж року Тк, год	271,667	271,6667	271,6667	0	626,25
Кількість верстатників Рст, чел. (розрах.)	1,46	1,46	1,46	0,00	0,67
(дійсна)	2	2	2	0	1

Кількість наладчиків верстатів R_k , чол. (розрахункова)	0,0055	0,0055	0,0055	0,0000	0,0059
(дійсна)	1	1	1	0	1
Кількість наладчиків інструмента поза верстатом $R_{ин}$, чол. (розрахункова)	0,25317	0,2532	0,253166	0	0,12969
(дійсна)	0	0	0	0	1
Кількість контролерів R_k , чол. (розрах.)	0,15	0,15	0,146	0,00	0,01
(дійсна)	1				1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $R_{дод}$, чол (розрахункова)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,33
(дійсна)	0	0	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	10				1
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,86	0,86	0,8575	0,000	0,66

1. Зарплата верстатника (основна та додаткова) I_z

$$I_z = H_{ст.зг} \cdot T_{шт} / d$$

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

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

d – кількість верстатів, які обслуговує один робочий

$$H_{ст.зг} = H_{ст} + З_д + С_{відр} + С_{прем}$$

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

$З_д$ – додаткова заробітна платня, 8%

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

$С_{прем}$ – преміальні доплати, 35%

$$T_{шт} = t_{шт} \cdot N / 60$$

Базовий варіант					Новий варіант				
16K20	$I_3 =$	$H_{ст.зг}$	$T_{шт}$	d	LB-200 OKUMA	$I_3 =$	$H_{ст.зг}$	$T_{шт}$	d
	185132	68,15	2716,667	1		81190	64,82	2505	2
16K20	$I_3 =$	$H_{ст.зг}$	$T_{шт}$	d	Всього $I_{з2}$	81190			
	181885	66,95	2716,667	1					
16K20	$I_3 =$	$H_{ст.зг}$	$T_{шт}$	d					
	185132	68,15	2716,667	1					
4-й верстат	$I_3 =$	$H_{ст.зг}$	$T_{шт}$	d					
	0	0	0	0					
Всього $I_{з1}$	552149								

2. Зарплата за наладку верстата I_n

$$I_n = H_{нал.зг} \cdot T_n$$

де $H_{нал.зг}$ – середньочасова зарплата наладчиків зі усіма нарахуваннями, грн.;

T_n – час наладки верстата впродовж року, год

$$H_{нал.зг} = H_{нал} + З_д + С_{відр} + С_{прем}$$

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

$З_д$ – додаткова заробітна платня, 8%

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

$С_{прем}$ – преміальні доплати, 30%

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

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

j_p – кількість запусків партій деталей за рік

Базовий варіант				Новий варіант			
	$I_n =$	$H_{нал}$	T_n		$I_n =$	$H_{нал}$	T_n
16K20	352,86	34,59	10,2	LB-200 OKUMA	380,54	34,59	11
16K20	$I_n =$	$H_{нал}$	T_n	Всього $I_{н2}$	380,54		
	352,86	34,59	10,2				
16K20	$I_n =$	$H_{нал}$	T_n				
	352,86	34,59	10,2				
4-й верстат	$I_n =$	$H_{нал}$	T_n				
	0,00	0,00	0				
Всього $I_{н1}$	1058,59						

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

КНУ.КМР. 131.25.1-09. 04. ТЕА

Лист

3. Зарплата наладжувальника інструмента поза верстатом, $I_{ин}$		Базовий варіант			Новий варіант					
$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$		16K20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$		LB-200 OKUMA	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$				
де $N_{ин}$ – середньочасова зарплата наладчика, грн;			0	0	470,889	9648,89	40	241,22		
$T_{ин}$ – час, який затрачується на налагодження інструмента поза верстатом, хв		16K20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$			Всього $I_{ин2}$	9648,89			
$T_{ин} = 1,3 \cdot t_{ин} \cdot T_{шт} \cdot k_T / (T \cdot n_T)$			0,00	0	470,89					
де 1,3 – коеф., що враховує випадкову втрату інструменту та його вихід з ладу;		16K20	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$							
$t_{ин}$ – середній час налагодження за прибором одного інструмента, хв.;			0,00	0	470,889					
$T_{шт}$ – час обробки деталей в обсязі їх річного випуску поза верстатом з ЧПК, год;		4-й верстат	$I_{ин} = N_{ин} \cdot T_{ин}$							
k_T – коеф., який враховує питому вагу основного часу в штучному і дорівнює 0,7...0,85;			0,00	0	0					
T – середній період стійкості інструменту, хв.;		Всього $I_{ин1}$	0,00							
n_T – кількість граней пластинки, що не переточується										

4. Витрати на підготовку та поновлення керуючої програми Іпк				Базовий варіант			Новий варіант						
Іпк = Кпк / Z				16K20	Іпк =	Кпк	/	Z	LB-200 OKUMA	Іпк =	Кпк	/	Z
					0	0		1000		833,3333	2500		3
4-й верстат				Іпк =	Кпк	/	Z		Всього Іпк2	833,3333333			
					0	0		1000					
				16K20	Іпк =	Кпк	/	Z					
					0,00	0		3					
				Всього Іпк1	0,00								

5. Витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань И _{пр}		Базовий варіант			Новий варіант		
И _{пр} = К _{пр} (1/З + 0,04) де 0,04 – коеф., що враховує витрати на ремонт спеціальних пристосувань		16К20	И _{пр} = К _{пр} · (1/З + 0,04) 0 0 0,333333		LB-200 OKUMA	И _{пр} = К _{пр} · (1/З + 0,04) 0 0 0,333	
		16К20	И _{пр} = К _{пр} · (1/З + 0,04) 0 0 0,333333		Всього И _{ив2}	0	
		16К20	И _{пр} = К _{пр} · (1/З + 0,04) 0 0 0,333333				
		4-й верстат	И _{пр} = К _{пр} · (1/З + 0,04) 0 0 0,333333				
		Всього И _{ив1}	0				

6. Витрати на прокат універсально-збірних пристосувань при їх використанні $I_{усп}$	Базовий варіант			Новий варіант		
	16K20	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12		LB-200 OKUMA	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12	
	16K20	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12		Всього $I_{усп2}$	0	
	16K20	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12				
	4-ий верстат	$I_{усп} = C_{усп} \cdot j_p$ 0 0 12				
	Всього $I_{усп1}$	0				

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 04. ТЕА			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				

7. Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання И

$$И_а = K_6 \cdot A$$

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

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

Базовий варіант				Новий варіант			
16K20	$I_a = K_6 \cdot A$			LB-200 OKUMA	$I_a = K_6 \cdot A$		
	1345,10	25379	0,053		21920,22	413589	0,053
16K20	$I_a = K_6 \cdot A$			Всього I_{a2}	21920,22		
	1345,10	25379	0,053				
16K20	$I_a = K_6 \cdot A$						
	1345,10	25379	0,053				
4-й верстат	$I_a = K_6 \cdot A$						
	0,00	0	0				
Всього I_{a1}	4035,30						

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

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

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

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

Базовий варіант								Новий варіант								
16K20	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	1157,63	180	25	0	0,3	0,86	LB-200 OKUMA	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	2093	180	35	0,25	0,5	0,66	
	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	1157,63	180	25	0	0,3	0,86		Всього И_{пл2}	2092,68						
16K20	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	1157,63	180	25	0	0,3	0,86									
3-й верстат	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	1157,63	180	25	0	0,3	0,86									
4-ий верстат	$И_{пл} = И_{пл} \cdot (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	0,00	0	0	0	0	0,00									
Всього И _{пл1}	3472,90															

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

$$И_{сл} = И_{сл} \cdot A_6 \cdot (P_{ст} + P_н + P_{дод} + P_к)$$

Базовий варіант							
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} + P_н + P_{дод} + P_к)$				
70000	1000	7	6	3	0	1	
Всього К _{сл1}		70000					

Новий варіант							
$K_{сл} =$	$Ц_{пл.б}$	A_6	$(P_{ст} + P_н + P_{дод} + P_к)$				
35000	1000	7	1	2	1	1	
Всього К _{сл2}		35000					

10. Витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання И_р

$$И_р = (И_р \cdot R_н + И_р \cdot R_а) \cdot \mu \cdot \beta$$

де И_р, И_н – витрати на одинокі ремонтні складові відповідного механічної та електротехнічної частин, грн.;
R_н, R_а – ремонтна складові відповідно механічної та електротехнічної часток, що приймається за паспортом верстата, а для деяких верстатів ЧПК;
μ – коефіцієнт, який враховує клас точності верстата, що приймається для класів точності Н, П, В, А, С – відповідно 1, 1,2; 1,5; 1,8; 2,2

Базовий варіант									Новий варіант								
16K20	$И_p = (И_u \cdot R_u + И_s \cdot R_s) \cdot \mu \cdot \beta$	14196,0	215	33	120	43	1	0,86	LB-200 OKUMA	$И_p = (И_u \cdot R_u + И_s \cdot R_s) \cdot \mu \cdot \beta$	65612,2	315	100	240	99	1,8	0,66
16K20	$И_p = (И_u \cdot R_u + И_s \cdot R_s) \cdot \mu \cdot \beta$	14196,0	215	33	120	43	1	0,86	Всього И _{р2}	65612,2							
3-й верстат	$И_p = (И_u \cdot R_u + И_s \cdot R_s) \cdot \mu \cdot \beta$	14196,0	215	33	120	43	1	0,86									
4-ий верстат	$И_p = (И_u \cdot R_u + И_s \cdot R_s) \cdot \mu \cdot \beta$	0,0	0	0	0	0	0	0,00									
Всього И _{р1}		42588,0															

11. Витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК И_у

$$И_у = Q \cdot \beta$$

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

Базовий варіант				Новий варіант				
16K20	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0,86	FOUR-STAR FD	$I_y = Q \cdot \beta$	3825,9	5800	0,66
16K20	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0,86	Всього I_{y2}	3825,9			
3-й верстат	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0,86					
4-ий верстат	$I_y = Q \cdot \beta$	0	0,00					
Всього I_{y1}	0,0							

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

КНУ.КМР. 131.25.1-09. 04.ТЕА

Лист

12. Зарплатня контролера I_k

$$I_k = N_k \cdot T_k$$

де N_k – середньочасова заробітна платня контролера 5-го

розряду, грн.;

T_k – час контролю деталей впродовж року, год.

Для базових верстатів:

$$T_{k1} = 0,083 \cdot T_{шт}$$

де 0,083 – середньостатистична частка

трудомісткості контрольних операцій

Для обробки на верстатах з ЧПК

$$T_{k1} = 0,2 \cdot T_{шт}$$

Базовий варіант				Новий варіант			
16К20	$I_k =$	N_k	T_k	LB-200	$I_k =$	N_k	T_k
	9508,33	35	271,67	OKUMA	512,75	35	14,65
16К20	$I_k =$	N_k	T_k	Всього I_{k2}	512,75		
	9508,33	35	271,67				
3-й верстат	$I_k =$	N_k	T_k				
	9508,33	35	271,67				
4-ий верстат	$I_k =$	N_k	T_k				
	0,00	35	0,00				
Всього I_{k1}	28525,00						

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей

$$C = I_z + I_n + I_{ин} + I_{пк} + I_{пр} + I_{усп} + I_a + I_{пл} + I_{сл} + I_r + I_y + I_k,$$

де I_z – зарплатня верстатника;

I_n – зарплатня за наладку верстата;

$I_{ин}$ – зарплатня наладжувальника інструмента поза верстатом I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання;

$I_{пк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК;

$I_{пр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань I_k – зарплатня контролера

$I_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних пристосувань

при їх використанні;

I_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання;

$I_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат;

$I_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень;

$$C_1 \text{ на деталь} = 701,83$$

$$C_2 \text{ на деталь} = 221,02$$

$C_1 =$	I_z	I_n	$I_{ин}$	$I_{пк}$	$I_{пр}$	$I_{усп}$	I_a	$I_{пл}$	$I_{сл}$	I_r	I_y	I_k		
	532149	+ 1058,59	+ 0,00	+ 0,00	+ 0	+ 0	+ 4035,30	+ 3472,90	+ 70000	+ 42588,0	+ 0,0	+ 28525,00	=	701829,25
$C_2 =$	81190	+ 380,54	+ 9648,89	+ 833,33333	+ 0	+ 0	+ 21920,22	+ 2092,68	+ 35000	+ 65612,2	+ 3825,9	+ 512,75	=	221016,92

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_b + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$$

де K_b – балансова вартість верстата, грн.;

$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;

$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;

$K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;

$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;

$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

	K_b	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$		
$K_1 =$	76138	+ 9647	+ 70000	+ 1138965	+ 0	+ 0	=	1294750
$K_2 =$	413589	+ 5813,00	+ 35000	+ 252403	+ 0	+ 2500	=	709304,89

1. Балансова вартість верстата K_b

$$K_b = C \cdot \alpha \cdot \beta$$

де C – оптова ціна верстата, грн

α – коеф., що враховує витрати на доставку та

встановлення верстата та приймається рівним 1,1;

β – частка авантаження верстата

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

Базовий варіант					Новий варіант				
16K20	K _б = Ц · α · β				LB-200 OKUMA	K _б = Ц · α · β			
	25379	26906,00	1,1	0,86		413589	570000,00	1,1	0,66
16K20	K _б = Ц · α · β				Всього K _{б2}	413589			
	25379	26906,00	1,1	0,86					
16K20	K _б = Ц · α · β								
	25379	26906	1,1	0,86					
4-ий верстат	K _б = Ц · α · β								
	0	0	1,1	0,00					
Всього K _{б1}	76138								

2. Вартість приміщень, які займає верстат $K_{\text{ш}}$

$$K_{\text{ш}} = \text{Ц}_{\text{пл.ш}} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$$

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

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

A_y – площа, яку займають вносні, допоміжні пристрої, м. кв.;

γ – коефіцієнт, який враховує додаткову площу

Базовий варіант								Новий варіант							
16K20	$K_{\text{ш}} = \text{Ц}_{\text{пл.ш}} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$							LB-200 OKUMA	$K_{\text{ш}} = \text{Ц}_{\text{пл.ш}} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$						
	3216	500	25,002	0	0,3	0,86	5813,0039		500	35	0,25	0,5	0,66		
16K20	$K_{\text{ш}} = \text{Ц}_{\text{пл.ш}} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$							Всього $K_{\text{ш}2}$	5813,00						
	3216	500	25	0	0,3	0,86									
16K20	$K_{\text{ш}} = \text{Ц}_{\text{пл.ш}} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$														
	3216	500	25	0	0,3	0,86									
4-ий верстат	$K_{\text{ш}} = \text{Ц}_{\text{пл.ш}} (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$														
	0	500	0	0	0	0,00									
Всього $K_{\text{ш}1}$	9647														

3. Вартість службово-побутових приміщень $K_{\text{сл}}$

$$K_{\text{сл}} = \text{Ц}_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{дод}} + P_{\text{к}})$$

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

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

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

$P_{\text{к}}$ – кількість контролерів

Базовий варіант						
$K_{\text{сл}} = \text{Ц}_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{дод}} + P_{\text{к}})$						
70000	1000	7	6	3	0	1
Всього $K_{\text{сл}1}$	70000					

Новий варіант						
$K_{\text{сл}} = \text{Ц}_{\text{пл.б}} \cdot A_{\text{б}} \cdot (P_{\text{ст}} + P_{\text{н}} + P_{\text{дод}} + P_{\text{к}})$						
35000	1000	7	1	2	1	1
Всього $K_{\text{сл}2}$	35000					

4. Обігові кошти в незакінченому виробництві $K_{\text{вез}}$

$$K_{\text{вез}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{заг}} + C / N_{\text{річн}} \cdot 0,5) \cdot \beta$$

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

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

$$n'' = N_{\text{річн}} / j_p$$

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

C – собівартість механічної обробки річного випуску деталей, грн;

0,5 – коеф. наростання витрат

Базовий варіант						
$K_{\text{вез}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{заг}} + C / N_{\text{річн}} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
1138965,02	83,333	1420,1	701829,25	1000	2,57	
Всього $K_{\text{сл}1}$	1138965					

Новий варіант						
$K_{\text{вез}} = 3 \cdot n'' \cdot (S_{\text{заг}} + C / N_{\text{річн}} \cdot 0,5) \cdot \beta$						
252402,85	83,333	1420,1	221016,92	1000	0,66	
Всього $K_{\text{сл}1}$	252403					

Приведені витрати

$3_1 = C_1 + E_{\text{н}} \cdot K_1$			
896042	701829	0,15	1294750
$3_2 = C_2 + E_{\text{н}} \cdot K_2$			
327413	221017	0,15	709305

Річний економічний ефект

$E = 3_1 - 3_2$			
568629	896041,7	327413	

Висновок: застосування верстату з ЧПК доцільне. Річний економічний ефект 568629 грн.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

КНУ.КМР. 131.25.1-09. 04. ТЕА

Лист

5 КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

5.1 Проектування спеціального верстатного пристосування

1 Технічне завдання:

- 1) Зображення деталі у тому вигляді, в якому вона буде розташовуватись на верстаті;
- 2) Умовна схема базування відповідно до існуючих стандартів
- 3) На оброблюваних поверхнях нанесені розміри з вимогою, що до точності та шорсткості.
- 4) Тип пристрою – спеціальний.
- 5) Операція 050 Зубофрезерна, верстат 5Е32
- 6) Річна програма 1000.

5.2 Аналіз схеми базування

Схема базування деталі представлена на рисунку 5.1:

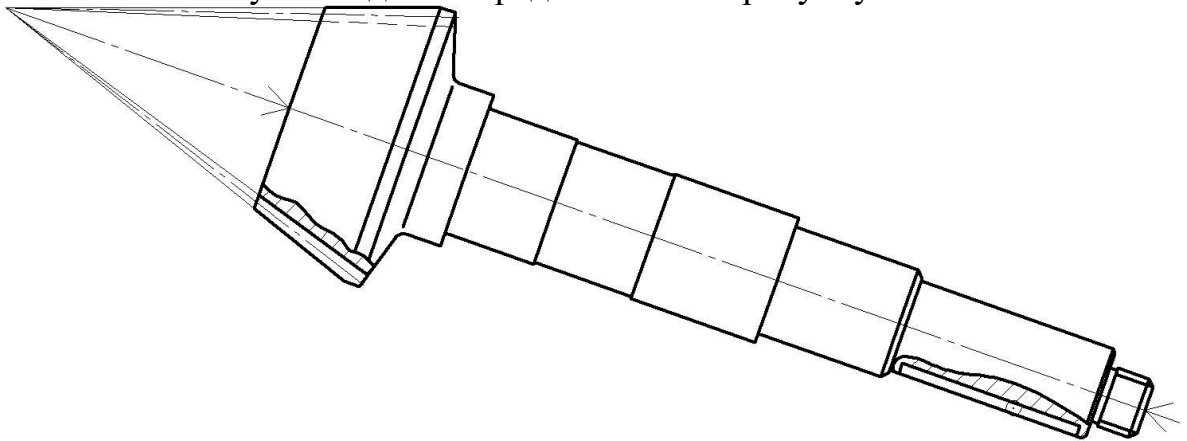


Рисунок 5.1 - Схема базування деталі

5.3 Розрахунок похибки базування

Похибка базування в даному випадку за рахунок перекосу заготовки в горизонтальній площині. Похибка базування буде залежати від розмірів від торця деталі до осі оброблюємого діаметра.

Всі подальші розрахунки будуть вестися з урахуванням саме цієї похибки базування.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.05.КПВ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	КОНСТРУКТОРСЬКА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Маркевич						48	
Провер.	Кіяновський					Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Реценз.								
Н. Контр.	Нечасів							
Утверд.	Рязанцев							

5.4 Розробка схеми закріплення

На підставі засобу базування деталі та розміщення установчих елементів, визначити місце накладання сил затиску деталі та розрахуємо її величину.

Похибки базування ,закріплення та установки деталі вал - шестерня розрахуємо в програмі та результат приводимо нижче на рисунку 5 .2

Расчёт погрешностей. Шаг 4 из 4

Просмотр рассчитанных погрешностей

Исходные данные для расчета погрешности закрепления

Вид установки	При установке в осевом направлении для обработки на станках
Вид приспособления	Установка на цилиндрической оправке с ручным зажимом
Характеристика базовой поверхности	Предварительно обработанная

Исходные данные для расчета погрешности базирования

D2 130.00000

Результаты:

Погрешность базирования:	0.000 мм.
Погрешность закрепления:	0.010 мм.
Погрешность установки детали:	0.010 мм.

Печать Назад Готово Отмена

Рисунок 5.2 – Розрахунок похибок базування, закріплення та установки деталі

5.5 Вибір або проектування затискного механізму

Закріплення заготовки під час механічної обробки здійснюється за допомогою затискних пристроїв різних конструкцій. Вибір конкретного затискного механізму залежить від умов виконання операції, типу виробництва, необхідного затискного зусилля, конструктивних особливостей заготовки, типу верстата та рівня механізації процесу. У моєму випадку деталь типу вал-шестерня встановлюється в центрах і затискається механізованим пристроєм, який приводиться в дію пневматичним циліндром.

З урахуванням потрібного зусилля затиску обирається механізований затискач — стандартизований пневмоциліндр. Для визначення його параметрів виконується розрахунок пневмоциліндра двосторонньої дії.

Спочатку встановлюємо необхідну вихідну силу робочого пневмоциліндра, що діє на деталь, а також довжину деталі. Зусилля Q визначається на основі сили затиску W та передавального відношення i . Передавальне відношення приймаємо рівним $i = 1$. Раніше розраховане зусилля затиску становить $W = 912,5$ Н.

$$Q = \frac{W}{i} = \frac{912,5}{1} = 912,5 \text{ Н} \quad (5.1)$$

Діаметр D робочого пневмоциліндру визначають із залежності:

$$D = \frac{4Q}{\pi \cdot p_r} = \frac{4 \cdot 912,5}{3,14 \cdot 6} = \approx 173,7 \text{ мм} \quad (5.2)$$

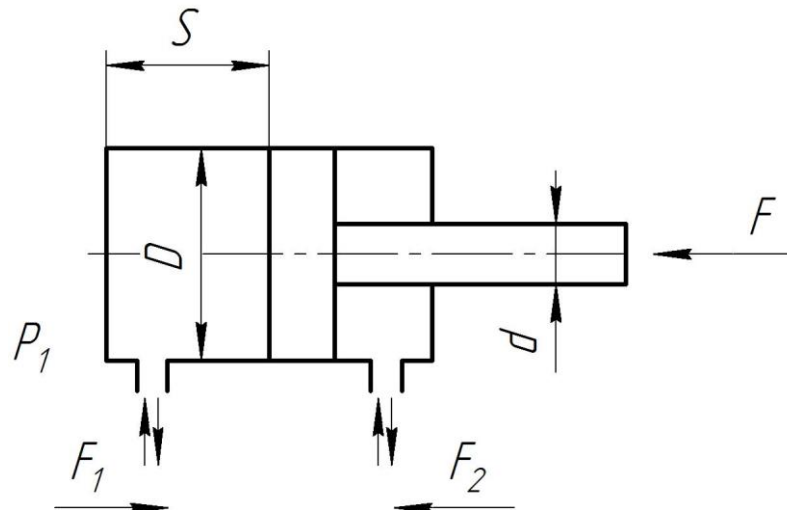


Рисунок 5.3 - Пневмоциліндр двосторонньої дії

5.6 Вибір засобів встановлення і визначення похибки розташування пристрою на верстаті

Для закріплення на верстаті потрібно підібрати шпонки, в залежності від шпонкових пазів.

Для базування пристрою на столі верстата використовуємо шпонки. Похибка базування спричинена зміщенням залежить від $2\Delta_{\min}$ - подвоєного мінімального зазору посадки плити на шпонку, бо зміщення відбувається в двох напрямках та від δ_1 - допуску на отвір паза і δ_2 - допуск на діаметр шпонки:

$$\delta_{\text{р.п}} = \delta_1 + \delta_2 + 2\Delta_{\min} \quad (5.3)$$

$$\delta_{\text{р.п.}} = 0,028 + 0,021 + 0\delta = 0,049 \text{ мм}$$

Перекус при цьому виникає із-за наявності зазору між найбільшим діаметром установчих отворів і найбільшим діаметром шпонки.

Найбільший зазор між отворами та шпонками:

$$\Delta_{\max} = \delta_1 + \delta_2 + \Delta_{\min} \quad (5.4)$$

Тоді найбільший кут повороту пристосування на шпонках може бути знайдений з відношення найбільшого зазору при повороті в одну сторону від середнього положення до відстані між базовими отворами:

$$\text{tg}\alpha = \frac{\Delta_{\max}}{l_1} \quad (5.5)$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,028 + 0,021}{370} = 0,000135 \text{ мм}$$

$$\alpha = \arctg 0,000175 = 0,01^\circ = 0,50'$$

Похибка базування на довжині оброблюємої поверхні $l=17,5$ мм

$$\delta_{\text{р.п.}} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha = 20 \cdot 0,000135 = 0,027$$

Висновок: Згідно проведеним розрахунком похибка точності установки пристосування на стіл верстата $\delta_{\text{р.п.}} = 0,027$, $\alpha = 0,50'$

5.7 Розрахунок на точність верстатного пристрою

Підсумкова похибка обробки є наслідком сукупного впливу різних факторів, що впливають на похибку обробки.

До їхнього числа відносяться: похибки виготовлення і зносу елементів верстата, пристрою, інструмента; похибки деформації пристрою та заготовки під дією сил різання та інші. Кожен з факторів породжує складову похибку.

При обробці заготовок у пристроях на налаштованих верстатах можна виділити наступні незалежні основні складові похибки:

$\delta_{\bar{o}}$ - похибка базування заготовки у верстатному пристрої;

$\delta_{\text{р.п.}}$ - похибка розташування пристрою на металорізальному верстаті;

$\delta_{\text{п.н.}}$ - похибка розташування направляючих елементів пристрою, щодо базових поверхонь верстатного пристрою.

$\delta_{\text{з.}}$ - похибка закріплення заготовки в пристрої;

$\delta_{\text{з.н.}}$ - похибка зносу елементів верстатного пристрою

$\delta_{\text{п.р.}}$ - похибка взаємного розташування у верстатному пристрої опорних елементів з базовими поверхнями деталі.

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{\delta_{\bar{o}}^2 + \delta_{\text{р.п.}}^2 + \delta_{\text{п.н.}}^2 + \delta_{\text{з.н.}}^2 + \delta_{\text{з.}}^2 + \delta_{\text{п.р.}}^2} \quad (5.6)$$

де K - коефіцієнт, що враховує відхилення розсіювання значень складових величин від закону нормального розподілу $K=1,1 \dots 1,2$.

$$\delta_{\bar{o}} = 0 \text{ (0,4) мм}$$

$$\delta_{\text{р.п.}} = 0,049 \text{ мм (0,003 мм)}$$

$\delta_{\text{з.}}$ - ця похибка складається в зміні положення деталі в результаті додавання до неї зусилля закріплення і визначається як різниця між найбільшою та найменшою проекціями зсуву вимірювальної бази.

При затиску $\delta_{\text{з.}}$ можна зневажати, тому $\delta_{\text{з.}} = 0$

$\delta_{\text{з.н.}}$ - в моєму випадку вона не враховується;

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$\delta_{п.н.}$ - похибка розташування направляючих елементів пристрою, щодо базових поверхонь верстатного пристрою. В моєму випадку $\delta_{п.н.}=0,011$ мм;

$\delta_{п.р}$ - похибка розташування робочої втулки відносно опорних елементів пристрою;

$$\delta_{п.р} = \delta_k + \delta_{вт} + \delta_s = 0,041 + 0,004 + 0 = 0,045 \text{ мм.}$$

де $\delta_{вт}$ - похибка ексцентриситету робочої (швидкозмінної) втулки;

δ_s - похибка максимального зазору між нерухомою втулкою і

швидкозмінною; $\varnothing 28 \frac{H7}{g6}$; $\delta_s = 0,041$ мм

δ_k - похибка складає 1/3, 1/5 розміру від опорного елемента до осі нерухомої втулки, $\delta_k = 0$

$\delta_{вт} = 2 \cdot \epsilon_{вт}$ - похибка закріплення, $\delta_k = 0,004$

Визначення складових похибок будемо робити при $K=1,1$

$$\delta_{\Sigma} = K \sqrt{0^2 + 0,049^2 + 0,02^2 + 0,045^2 + 0,011^2} = 0,07 \text{ мм}$$

Порівняємо підсумкову похибку δ_{Σ} з допуском $IT=0,4$ мм. Оскільки $0,07 < 0,4$, тоді $\delta_{\Sigma} < T$. Отже пристрій буде забезпечувати задану точність.

5.9 Проектування контрольного пристрою

Розробка технічного завдання:

Розробити контрольний пристрій для вимірювання похибок взаємного розташування поверхонь – радіальне биття 0,016 мм.

5.10 Вибір або розробка схеми контролю

Схема контролю розробляється з урахуванням вимог до точності форми та просторового розташування поверхонь деталі. Під час вибору контрольної схеми необхідно забезпечити суміщення установчої та вимірювальної баз, оскільки їх невідповідність призводить до появи додаткових похибок базування та вимірювання. Необхідно також виконати ескіз схеми контролю.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

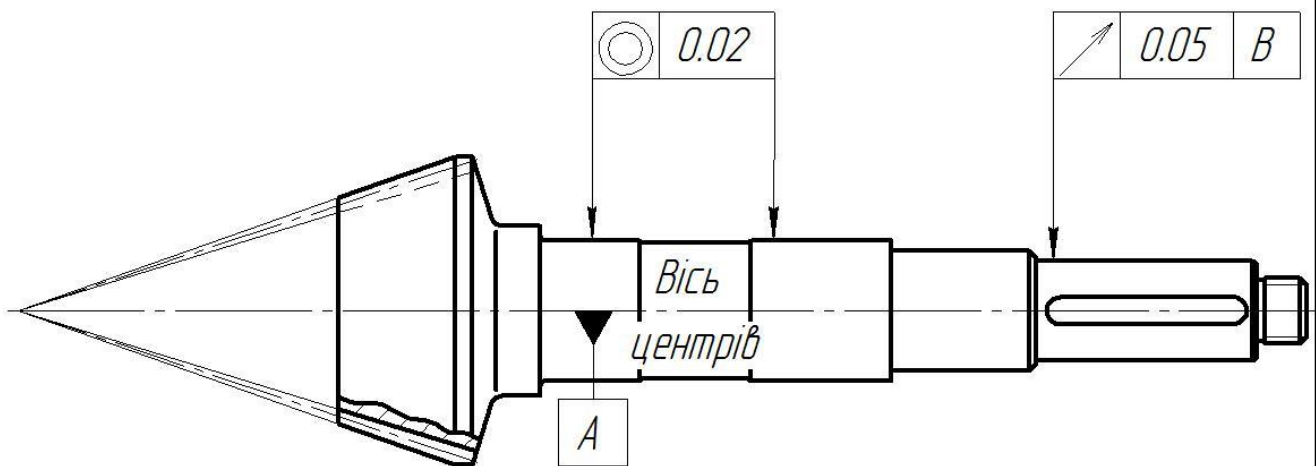


Рисунок 5.4 – Ескіз схеми контролю

5.11 Вибір контрольного приладу

Вибір засобів контролю треба здійснювати з урахуванням допустимої похибки. Контрольний прилад вибирають на порядок точніше, ніж вимоги визначені на робочому кресленні деталі.

Обираю індикатор TESA DIGICO-11 зображений на рисунку 5.7:



Рисунок 5.5 – Цифровий індикатор TESA DIGICO-11

Характеристика приладу приведена в таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Характеристика контрольного приладу

Найменування механізму	Ціна поділки	Діапазон Вимірювання, мм	Точність
TESA DIGICO-11	0,001	0-25	$\pm 0,005$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат	КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ	Лист
------	------	----------	---------	-----	------------------------------	------

Встановлюватись цей індикатор буде у індикаторну стійку типу Ш-ПН, що приведена на рис. 5.8

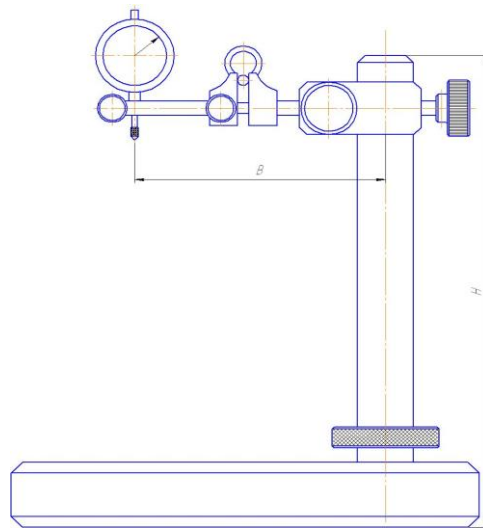


Рисунок 5. 6 – Стійка індикаторна Ш-ПН

Н (висота колони) - 270 мм, В (найбільший виліт головки-200).

5.12 Загальна компоновка контрольного пристрою

Для виконання загальної компоновки пристрою необхідно вибрати або спроектувати базові й допоміжні елементи. Креслення загальної компоновки контрольного пристрою приведено нижче на рисунку 5.7:

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

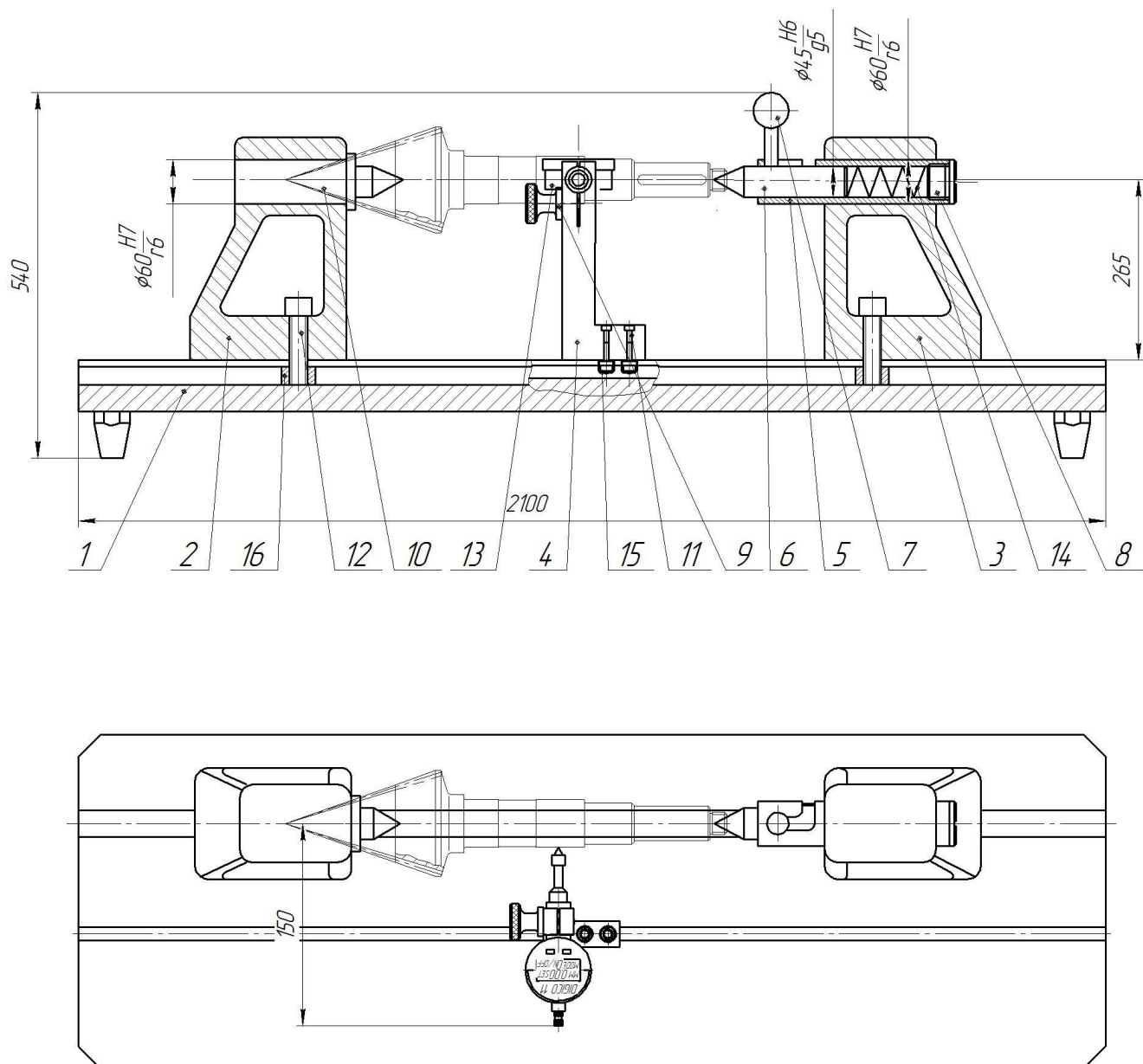


Рисунок 5.7 – Креслення контрольного пристрою

5.13 Розрахунок точності контрольного пристрою

Розрахунок точності контролю пристрою виконувати в такій послідовності:

- визначити допустиму похибку контролю;
- визначити сумарну похибку контролю.

Допустима похибка контролю може досягти 8%-30% від допуску на розмір. Задана деталь відноситься до загальномашинобудівних і не вимагає підвищених вимог до точності. Обираємо 30% допуску параметра, що контролюється. Допустима похибка по найбільш точному допуску.

$$[\Delta]=0,04 \cdot 0,3=0,012 \text{ мм.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ

Лист

Вимірювальний пристрій обраний TESA DIGICO-11 з похибкою виміру $[\Delta_{ин}] = 0,0002 \text{ мм}$ та ціною поділки $0,001 \text{ мм}$.

Визначення точності розташування установчих поверхонь. Аналіз креслення та схеми компоновання контрольного пристрою показує, що конструкторські та технологічні бази на валу не співпадають та деталь встановлюється в пристрій на конструкторські бази. При розрахунку потрібно враховувати похибку базування.

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{(\Delta_{\sigma}^2 + \Delta_{\epsilon}^2 + \Delta_{ин}^2)} \quad (5.7)$$

Випадкова похибка $\Delta_{\epsilon} = 0,03 \cdot 0,004 = 0,00012 \text{ мм}$

Прирівнюючи $\Delta_{\Sigma} = [\Delta]$ та підставляючи знайомі значення в вираз отримаємо:

$$0,012 = \sqrt{(\Delta_{\sigma}^2 + 0,0002^2 + 0,00012^2)}$$

$$0,012^2 = \Delta_{\sigma}^2 + 0,0002^2 + 0,00012^2$$

$$\Delta_{\sigma}^2 = \sqrt{0,012^2 - 0,0002^2 - 0,00012^2} = 0,01168 \approx 0,012 \text{ мм}$$

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 05.КПВ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

6 ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION

Проведемо інженерний аналіз у CAE-модулі SolidWorks Simulation. Обираємо тип аналізу – статичний. Мета дослідження – проаналізувати поведінку вал-шестерні під впливом діючих навантажень.

Першим кроком призначаємо відповідний матеріал. Сталі 34ХН1М немає в стандартній базі матеріалів, тому створюємо її самостійно та вказуємо відповідні характеристики (рис. 6.1).

Property	Value	Units
Elastic Modulus	210000	N/mm ²
Poisson's Ratio	0.3	N/A
Shear Modulus	80770	N/mm ²
Mass Density	7850	kg/m ³
Tensile Strength	570	N/mm ²
Compressive Strength		N/mm ²
Yield Strength	315	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.1e-05	/K
Thermal Conductivity	45	W/(m-K)
Specific Heat	500	J/(kg-K)
Material Damping Ratio		N/A

Рисунок 6.1 – Характеристики матеріалу для дослідження

Додаємо кріплення та створюємо навантаження у вигляді крутного моменту у розмірі 1,1 кНм. Результат наведено на рис. 6.2.

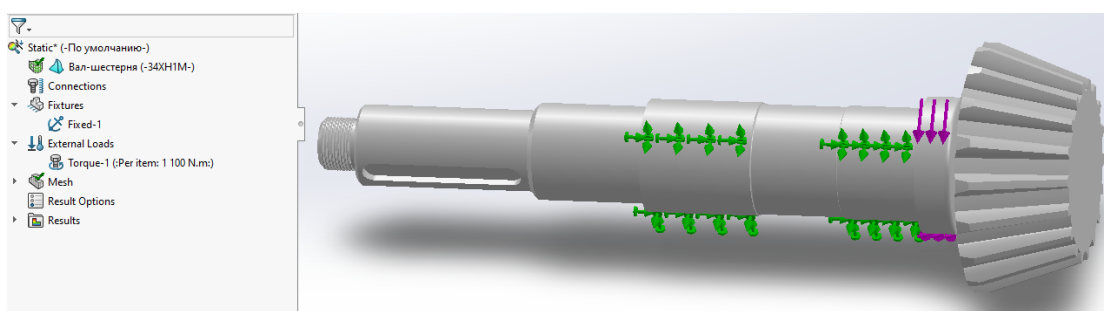


Рисунок 6.2 – Кріплення та навантаження, діючі на вал-шестерню

Створюємо сітку на основі змішаної кривизни з найбільшим розміром елемента 15 мм (рис. 6.3). При таких налаштуваннях максимальний коефіцієнт Якобіана складає 4,04, що менше 10 та свідчить про високу якість сітки.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.06.ІА		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ІНЖЕНЕРНИЙ АНАЛІЗ У СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION		
Разраб.	Маркевич						
Провер.	Кіяновський						
Реценз.							
Н. Контр.	Нечаєв						
Утверд.	Рязанцев				Лит. Лист Листов		
					57		
					Каф.ТМ гр.ПМ-24м		

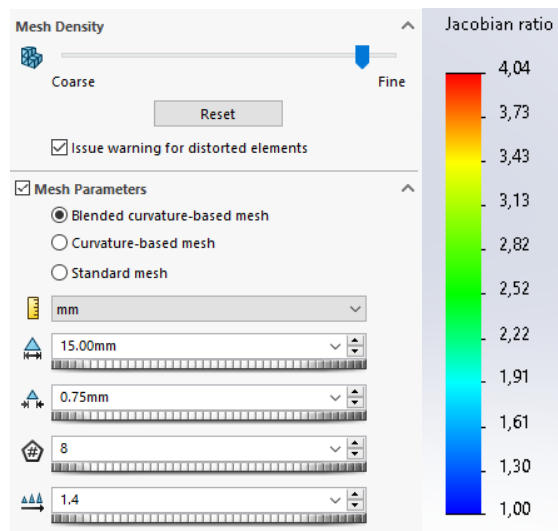


Рисунок 6.3 — Налаштування сітки та коефіцієнт Якобіана

Запускаємо дослідження. Результати наведено на рис. 6.4 – 6.8.

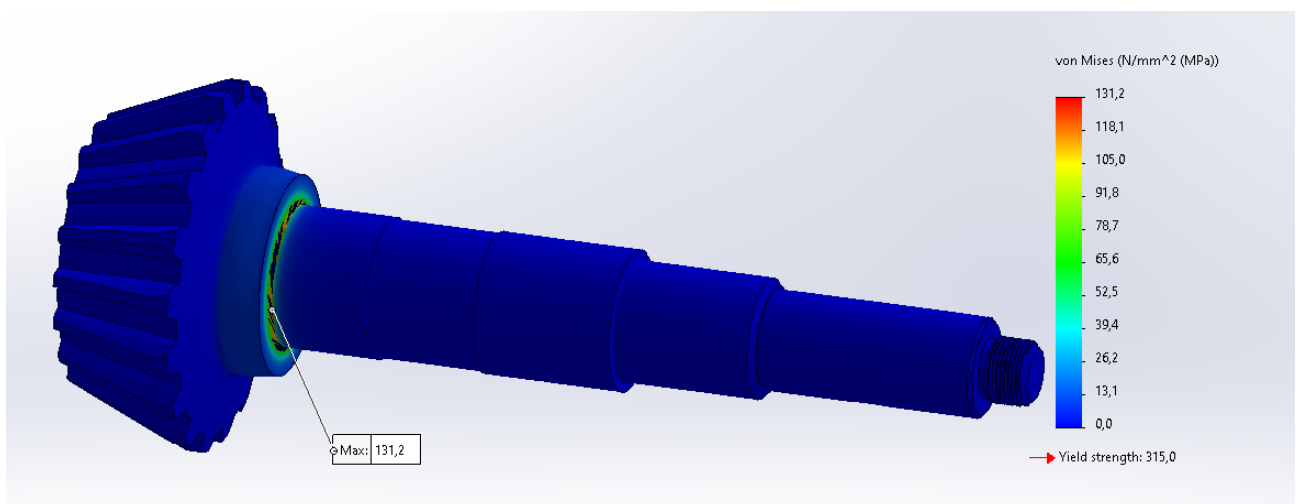


Рисунок 6.4 – Епюра напружень

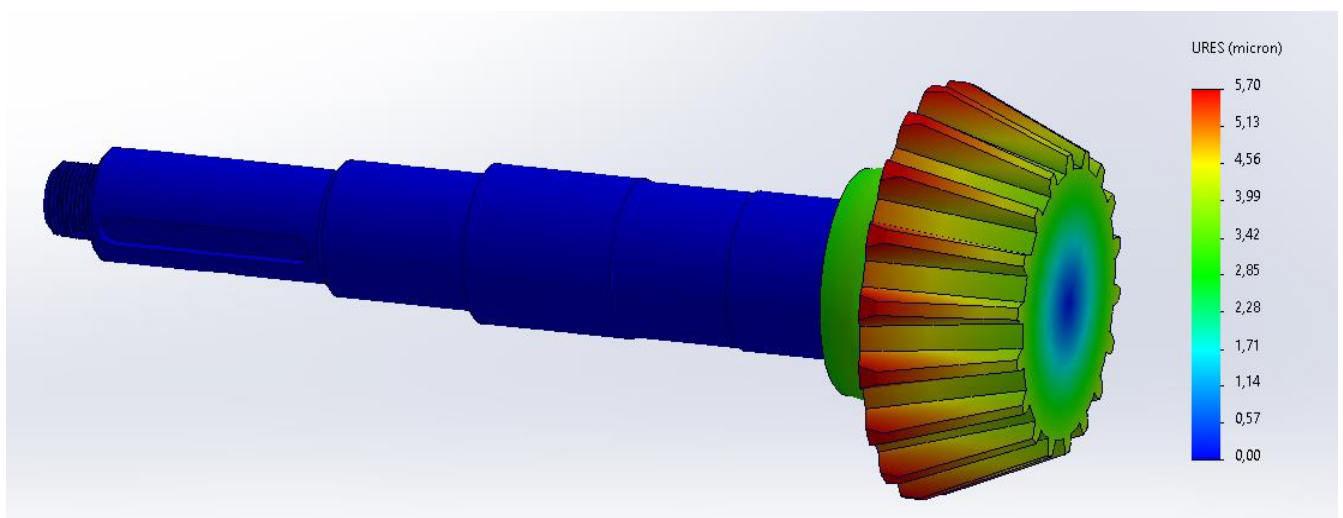


Рисунок 6.5 – Епюра переміщень

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 06.ІА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

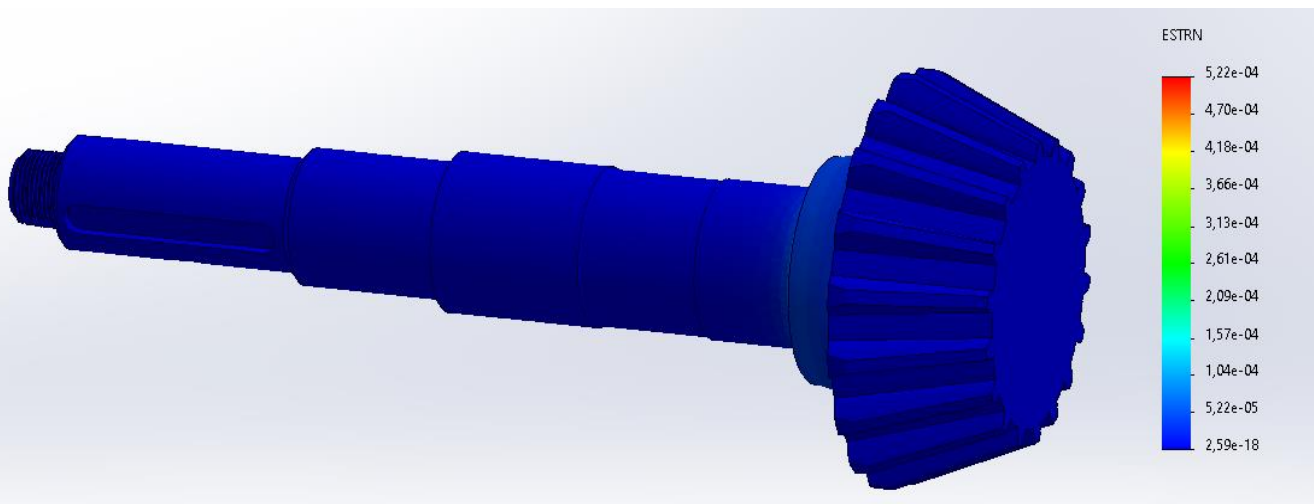


Рисунок 6.6 – Епюра еквівалентної деформації

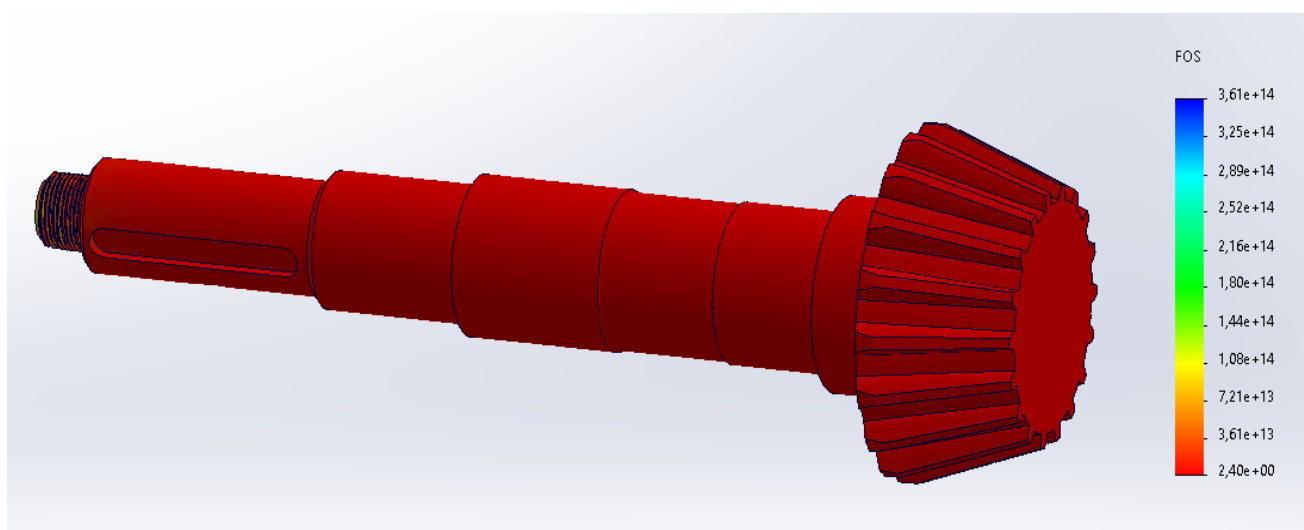


Рисунок 6.7 – Епюра запасу міцності

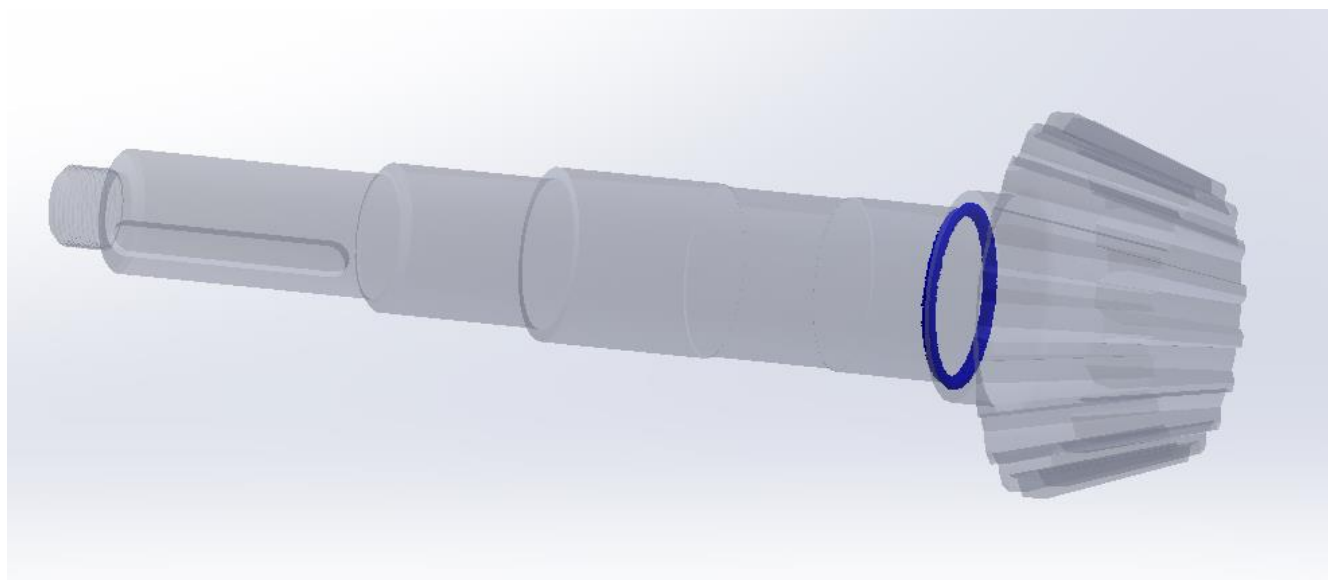


Рисунок 6.8 – Епюра Design Insight

					КНУ.КМР. 131.25.1-09. 06.IA	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

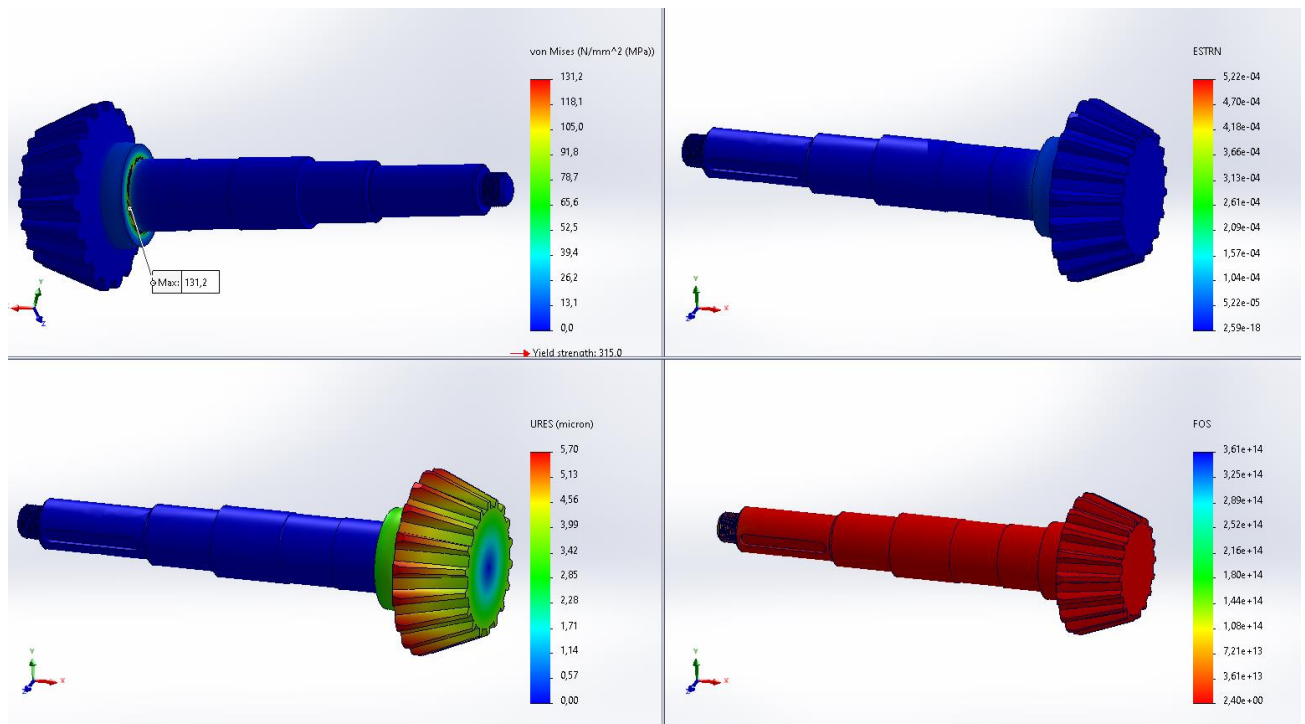


Рисунок 6.9 — Зведена епюра напружень, переміщень, запасу міцності, деформацій

Висновок: Як видно з результатів, найбільше напруження складає 131 МПа, що менше за межу текучості матеріалу 34ХН1М у 315 МПа. Максимальне переміщення 5,7 мкм, що також є незначним для даних габаритів деталі і не потребує внесення змін до її конструкції. Мінімальний коефіцієнт запасу міцності складає 2,4. Це свідчить про те, що вал-шестерня задовольняє вимогам міцності і надійності при заданих режимах роботи.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

КНУ.КМР. 131.25.1-09. 06.ІА

Лист

7 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ

ТЕМА: ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ОБРОБКИ НА ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ В ЗОНІ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

Для підвищення ефективності роботи системи різання важливу роль відіграють теплові явища, що впливають на працездатність ріжучого інструменту, якість оброблюваної поверхні та продуктивність процесу. Першим кроком теплофізичного аналізу є вивчення джерел тепла та основних закономірностей формування теплових потоків у зоні різання.

З точки зору теплофізичного підходу операції різання класифікують за такими ключовими ознаками:

- тип інструменту (однолезовий, багатолезовий або з хаотично розташованими ріжучими елементами);
- режим різання (сталій або несталій);
- наявність або відсутність активного теплообміну з технологічним середовищем;
- робота інструменту самостійно або в складі комплексу з іншими інструментами.

7.1 Джерела і розподіл теплоти в зоні різання

Процес різання металів супроводжується значним виділенням тепла, що виникає через перетворення механічної роботи різання на теплову енергію. Тепло розподіляється між оброблюваною деталлю, стружкою, інструментом та навколишнім середовищем. У середньому 50–86% теплового потоку припадає на стружку, 10–40% – на різець, 3–9% – на оброблювану деталь і близько 1% безпосередньо в атмосферу.

Найінтенсивніше тепловиділення спостерігається в зоні утворення стружки, що прилягає до площини сколювання 1-1 (рис. 7.1). У цій зоні тепло утворюється через два одночасні процеси: по-перше, внаслідок пластичної деформації зрушування елементів стружки по площині сколювання; по-друге, через пластичну деформацію зминання тонкого шару металу, що прилягає до площини сколювання з боку зрізаного шару припуску. Цей шар на рисунку 7.1 виділено штрихуванням.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.07.ПЕПР			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Маркевич				ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ІННОВАЦІЙНО-НАУКОВИХ РЕСУРСІВ	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Кіянновський						61	
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.	Нечаєв							
Утверд.	Рязанцев							

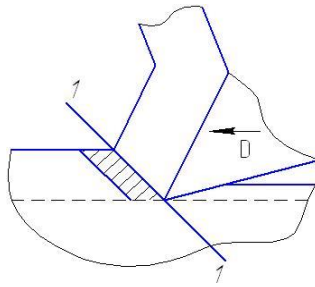


Рисунок 7.1 – Шар пружно – пластичної деформації попереду зони стружкоутворення, перед площиною сколювання

Перед пластичною деформацією завжди відбувається пружна деформація, яка має місце й під час пластичної деформації зрізаного шару при різанні металів. Пластична деформація в цьому шарі фіксується шляхом вимірювання мікротвердості і виникає з тієї ж причини, що й деформація матеріалу під поверхнею різання та під обробленою поверхнею. Хоча кількість тепла, що виділяється внаслідок пружної деформації, невелика, передбачати можливість цього процесу та враховувати його необхідно.

Джерелами тепла в зоні різання, зображеної на рисунку 7.2, є:

-теплота деформації в зоні стружкоутворення на площині зрушування – джерело J_d , яке характеризується рівномірним розподілом щільності тепловиділення q_d та рівномірним розподілом щільності теплових потоків до стружки q_{ds} і до деталі q_{da} .

$$q_d = q_{da} + q_{ds} \quad (7.1)$$

- теплота тертя на майданчику контакту між стружкою і передньою поверхнею леза інструменту – це джерело J_1 з комбінованим розподілом щільності тепловиділення $q_{тп}$;

-теплота тертя між задньою поверхнею леза інструменту і деталлю – це джерело J_2 з нормальним несиметричним розподілом щільності тепловиділення $q_{тз}$.

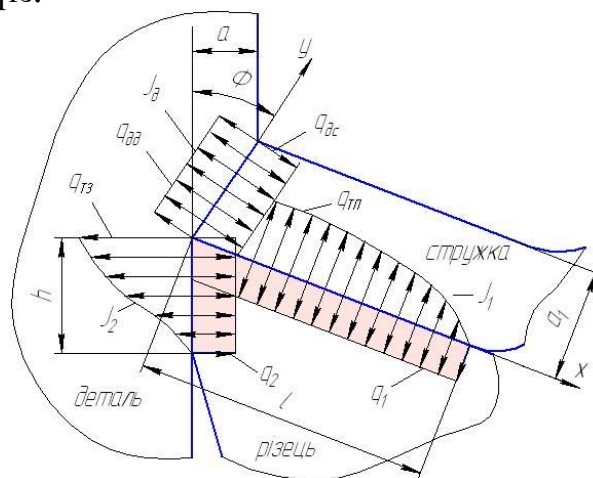


Рисунок 7.2 – Схема розташування джерел теплоти і розподіл теплових потоків в зоні різання при точінні

На рисунку 7.2 показано:

l – довжина контактного майданчика в напрямку сходження стружки;

h – знос по задній поверхні;

a – товщина зрізуваного шару;

a_1 – товщина стружки;

Φ – кут зрушування.

В системі координат, що розглядається, вісь X орієнтована вздовж передньої поверхні інструменту, перпендикулярно до головної ріжучої кромки.

Температура на різальному лезі інструменту формується під дією джерел тепла (q_1 і q_2 , щільність яких у практичних розрахунках вважається рівномірно розподіленою по майданчиках $b \times l$ і $b \times h$ (b – ширина зрізування). Щільність теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза визначається за системою відповідних рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{q_1 \cdot l}{\lambda_u} \cdot M_1 + \frac{q_2 \cdot h}{\lambda_u} \cdot N_2 = K_1 \cdot q_d + 1,4 \cdot K_2 \cdot \sqrt{\frac{kl}{h}} (q_{ТП} - 1,3 \cdot q_1) \\ \frac{q_2 \cdot h}{\lambda_u} \cdot M_2 + \frac{q_1 \cdot l}{\lambda_u} \cdot N_1 = K_1 \cdot q_d \cdot T_d + K_2 (q_{ТЗ} - 1,82 \cdot q_2) \end{cases} \quad (7.2)$$

$$K_1 = (1 + c) \cdot \omega_d \cdot k \cdot b' / \lambda_d \cdot V; \quad (7.3)$$

$$K_2 = 0,1 \cdot \sqrt{\omega_d \cdot h} / \lambda_d \cdot \sqrt{V} \quad (7.4)$$

де λ_d, λ_u – коефіцієнти теплопровідності матеріалів деталі та інструменту відповідно;

ω_d, ω_u – коефіцієнти температуропровідності матеріалів деталі та інструменту відповідно;

M_1, M_2 – безрозмірні функції, що визначають нагрівання майданчиків по передній поверхні леза інструменту;

N_1, N_2 – безрозмірні функції, що визначають нагрівання майданчиків по задній поверхні леза інструменту;

k – коефіцієнт усадки стружки;

V – швидкість різання;

c – коефіцієнт, враховуючий підігрів шарів металу стружки за один оберт деталі;

T_d – безрозмірна функція розподілу температур в деталі, які викликані теплотою деформації;

b' – коефіцієнт відносної кількості теплоти, що уходить до стружки.

В результаті рішення системи рівнянь (7.2) встановлено аналітичні вирази щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза інструменту залежно від основних параметрів процесу різання по :

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.07.ПЕПР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

$$q_1 = - \frac{(K_1 \cdot T_u \cdot N_2 \cdot h + K_2 \cdot q_{T3} \cdot N_2 \cdot h - 1,82 \cdot K_1 \cdot K_3 \cdot \lambda_u - M_2 \cdot K_3 \cdot h)}{(1,82 \cdot K_2 \cdot K_4 \cdot \lambda_u + M_2 \cdot K_4 \cdot h - N_1 \cdot N_2 \cdot l \cdot h / \lambda_u)}; \quad (7.5)$$

$$q_2 = \frac{(K_3 - K_4 \cdot q_1)}{N_2 \cdot h}; \quad (7.6)$$

$$K_3 = K_1 + 1,42 \cdot K_2 \cdot q_{TII} \cdot \sqrt{kl/h}; \quad (7.7)$$

$$K_4 = 1,85 \cdot K_2 \sqrt{kl/h} + N_1 \cdot l / \lambda_u \quad (7.8)$$

7.2 Вплив режимів різання на закономірність формування теплових потоків на поверхнях леза інструменту

На підставі встановленої щільності теплових потоків з урахуванням взаємозв'язку всіх параметрів, що входять до формул (7.2), (7.3), (7.4), з умовами обробки, були виконані дослідження впливу режимів різання – глибини t , подачі S і швидкості V на закономірності формування теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза.

Розрахунки дослідження виконувались для наступних умов: оброблюваний матеріал – конструкційна вуглецева сталь 45; $\sigma_B=750$ Мпа; коефіцієнт усадки $k=2$; інструментальний матеріал – твердий сплав Т15К6; геометричні параметри різців: головний кут в плані $\phi=45^\circ$; допоміжний кут в плані $\phi_1=45^\circ$; передній кут $\gamma=-7^\circ$; задній кут $\alpha=7^\circ$; кут загострення $\beta=90^\circ$; знос по задній поверхні $h=0,05$ мм.

На рисунку 7.3 представлено двохмірні залежності щільності теплових потоків по передній q_1 і задній q_2 поверхнях лезу інструменту, які свідчать про достатньо складний характер їх взаємозв'язку з режимами різання.

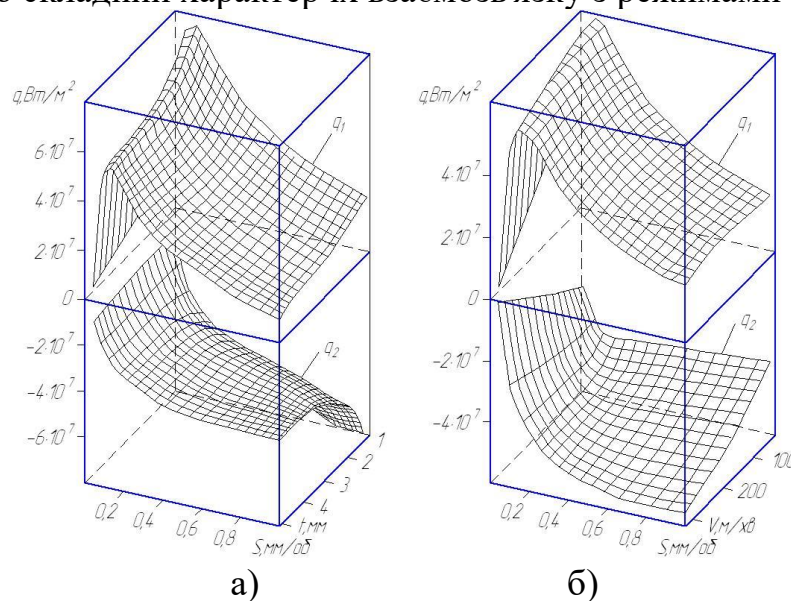


Рисунок 7.3 – Двохмірні залежності щільності теплових потоків по передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза інструменту
а) – від глибини різання t і подачі S ; б) – від швидкості різання V і подачі S .

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.07.ПЕПР		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			

Аналіз рисунка 7.3 показує, що зі збільшенням глибини різання тепловий потік на передній поверхні зменшується, тоді як на задній — зростає, перебуваючи при цьому в області від’ємних значень. При збільшенні подачі тепловий потік на задній поверхні знижується, а на передній — спочатку зростає в зоні малих подач, характерних для чистової обробки, після чого починає спадати.

З підвищенням швидкості різання тепловий потік на задній поверхні зростає в діапазоні малих подач, але зменшується при великих; водночас тепловий потік на передній поверхні має протилежну тенденцію: він знижується при малих подачах і зростає при великих.

Такий складний характер зміни теплових потоків зумовлений багатofакторним і неоднозначним впливом режимів різання на параметри, що входять до формул (7.5)...(7.8) і визначають інтенсивність теплових потоків.

7.3 Вплив на характер зміни теплових потоків зношування по задній поверхні леза інструменту

У зв’язку зі зміною умов обробки, прийнятих для розрахунків, змінюються як значення теплових потоків, так і характер їх взаємодії з режимами різання.

Дослідження показали, що найбільший вплив на величину та динаміку зміни теплових потоків справляє знос по задній поверхні різального леза. На рисунку 7.4 наведено графіки, які відображають залежність щільності теплових потоків від величини зносу задньої поверхні інструмента.

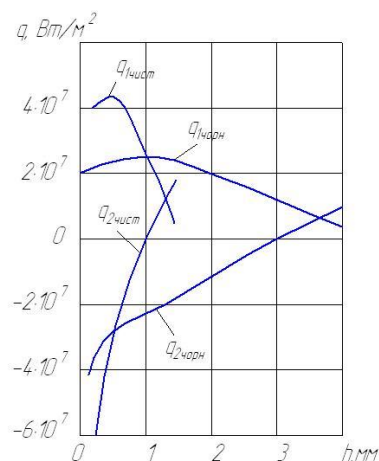


Рисунок 7.4 – Графіки залежності щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза від зносу по задній поверхні h для чистової і чорнової обробок

При дослідженні було виконано розрахунки для чорнової обробки при режимах різання: $V=100\text{м/хв}$; $S=0,8\text{мм/об}$, $t=5\text{мм}$; інструментальний матеріал

– Т5К10; для чистової обробки: $V=250\text{м/хв}$, $S=0,3\text{мм/об}$, $t=3\text{мм}$; інструментальний матеріал – Т15К6.

Від’ємне значення щільності теплового потоку на задній поверхні леза $q_2 < 0$ свідчить про його напрям у бік деталі, що забезпечує додаткове охолодження інструменту. За певної величини зносу цей потік стає нульовим, а далі змінює знак $q_2 > 0$, після чого теплота починає надходити до інструменту з обох боків контактних майданчиків. Це спричиняє різке підвищення температури різання і прискорений, фактично катастрофічний, знос ріжучого леза.

Під час чистової обробки теплові потоки при малих значеннях зносу мають більшу інтенсивність, швидше знижуються і характеризуються значно меншим критичним зносом порівняно з умовами чорнової обробки.

7.4 Вплив властивостей оброблюваного та інструментального матеріалів на теплові потоки при точінні

Під час аналізу взаємозв’язку теплових потоків із режимами різання було встановлено, що значний вплив мають властивості як оброблюваного, так і інструментального матеріалів.

Для оцінювання ступеня впливу параметрів цих матеріалів на величини теплових потоків було застосовано безрозмірний коефіцієнт відносної зміни. Він визначається як відношення значення теплового потоку q_i до деякого базового значення q_b , і дорівнює по :

$$K_i = \frac{q_i}{q_b} \quad (7.9)$$

Закономірності зміни щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза залежно від міцності оброблюваного матеріалу представлено на рисунку 7.5,а.

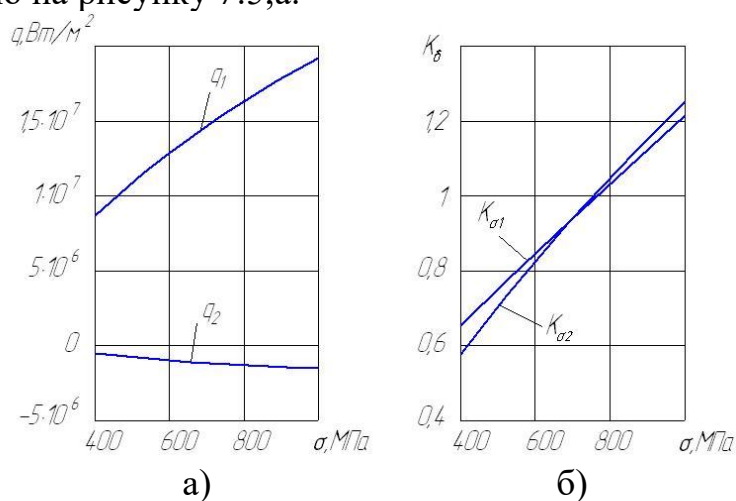


Рисунок 7.5 - Графіки залежності щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза і коефіцієнтів їх відносної зміни K_σ від міцності оброблюваного матеріалу σ

В якості базового значення $q_{б\sigma}$ для розрахунку коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків від міцності оброблюваного матеріалу K_{σ} приймається значення теплових потоків при $\sigma=750\text{Мпа}$. Коефіцієнти відносної зміни теплових потоків на передній і задній поверхнях леза, що представлено на рисунку 7.5,б, дорівнюють:

$$K_{\sigma 1} = \frac{q_1 \cdot (\sigma)}{q_1 \cdot (750)} \quad (7.10)$$

$$K_{\sigma 2} = \frac{q_2 \cdot (\sigma)}{q_2 \cdot (750)} \quad (7.11)$$

Під час аналізу було встановлено лінійну залежність коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків від міцності, яка практично співпадає для потоків на передній і задній поверхнях леза по :

$$K_{\sigma} = 0,8 + 2,2 \cdot 10^{-4} \cdot \sigma \quad (7.12)$$

Закономірність зміни щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза залежно від коефіцієнту усадки стружки k оброблюваного матеріалу, представлено на рисунку 7.6,а.

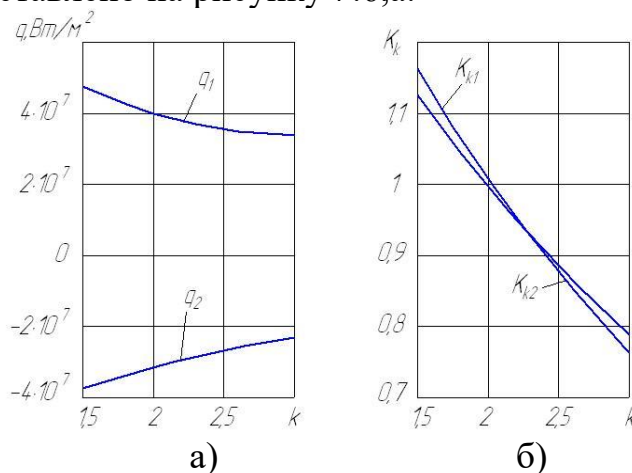


Рисунок 7.6 - Графіки залежності щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза і коефіцієнтів їх відносної зміни K_k від коефіцієнту усадки стружки k

В якості базового значення $q_{бk}$ для розрахунку коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків від коефіцієнту усадки стружки K_k приймається значення теплових потоків при $k=2$. Коефіцієнти відносної зміни теплових потоків на передній і задній поверхнях леза, що представлено на рисунку 7.6,б, дорівнюють:

$$K_{k1} = \frac{q_1 \cdot (k)}{q_1 \cdot (2)} \quad (7.13)$$

$$K_{k2} = \frac{q_2 \cdot (k)}{q_2 \cdot (2)} \quad (7.14)$$

Під час аналізу було встановлено лінійну залежність коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків від коефіцієнту усадки стружки, що співпадає для потоків на передній і задній поверхнях леза по :

$$K_k = 1,5 - 0,25 \cdot k \quad (7.15)$$

Закономірність зміни щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза залежно від коефіцієнту теплопровідності інструментального матеріалу представлено на рисунку 7.7,а.

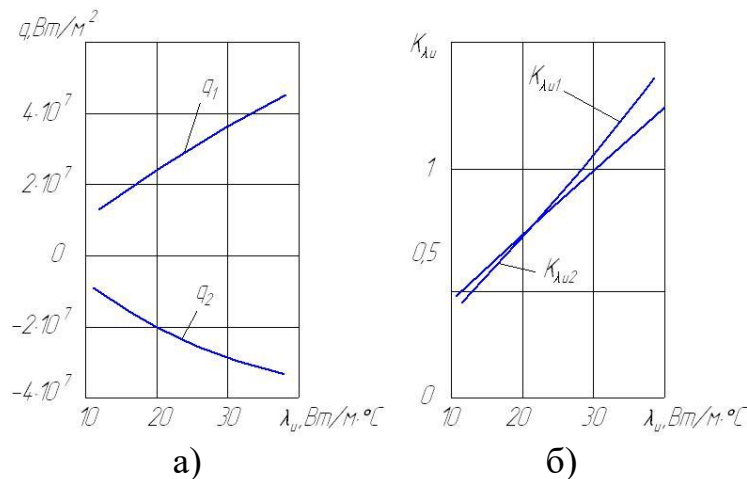


Рисунок 7.7 - Графіки залежності щільності теплових потоків на передній q_1 і задній q_2 поверхнях леза і коефіцієнтів їх відносної зміни $K_{\lambda u}$ від коефіцієнту теплопровідності інструменту λ_u

В якості базового значення $q_{бл}$ для розрахунку коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків від коефіцієнту теплопровідності інструментального матеріалу $K_{\lambda u}$ приймається значення теплових потоків при $\lambda = 27,2 \text{ Вт/м}^3 \cdot ^\circ\text{C}$ для твердого сплаву Т15К6. Коефіцієнти відносної зміни теплових потоків на передній і задній поверхнях леза, що представлено на рисунку 7.7,б, дорівнюють:

$$K_{\lambda u1} = \frac{q_1 \cdot (\lambda_u)}{q_1 \cdot (27,2)} \quad (7.16)$$

$$K_{\lambda u2} = \frac{q_2 \cdot (\lambda_u)}{q_2 \cdot (27,2)} \quad (7.17)$$

Під час аналізу було встановлено лінійну залежність коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків від коефіцієнту теплопровідності інструментального матеріалу, яка співпадає для потоків на передній і задній поверхнях леза по :

$$K_{\lambda u} = 0,1 + 0,033\lambda_u \quad (7.18)$$

Встановлені (коли похибка не перевищує 10%) значення коефіцієнтів відносної зміни теплових потоків (7.12), (7.15), (7.18) суттєво спрощують

розрахунки теплових потоків на передній і задній поверхнях леза ріжучого інструменту з урахуванням параметрів оброблюваного та інструментального матеріалів.

7.5 Метод експериментального визначення теплових потоків в технологічній системі

Вивчення теплових процесів у технологічній системі нерозривно пов'язане з експериментальними дослідженнями, спрямованими на визначення потужності та щільності теплових потоків. Такі експерименти дають змогу розрахунковим методом встановити температурні поля та характеристики джерел і стоків теплоти.

Для експериментального визначення потужності й просторового розподілу щільності теплових потоків використовують калориметри. На рисунку 7.8 представлено калориметр, призначений для вимірювання щільності теплового потоку під час нагрівання заготовки плазмовою дугою.

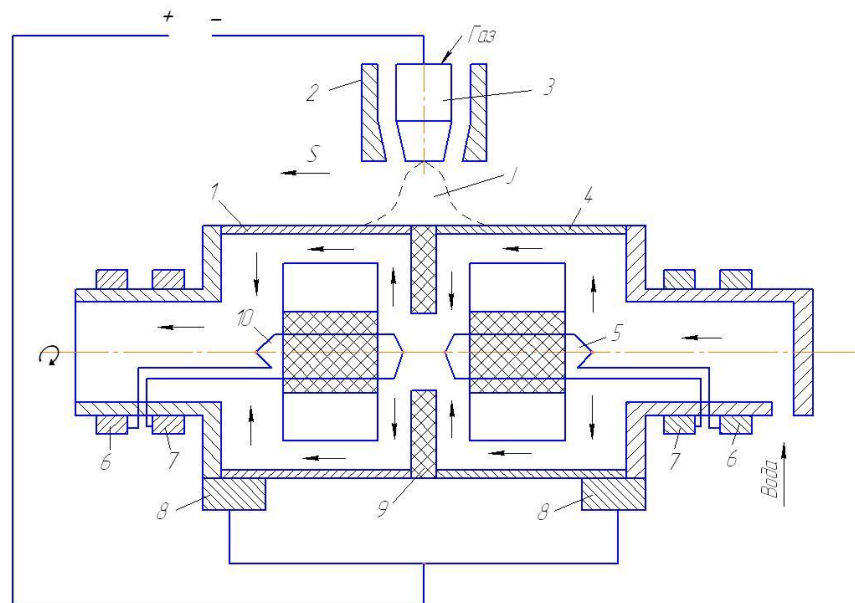


Рисунок 7.8 – Калориметр для визначення щільності теплового потоку при нагріванні заготовки плазмовою дугою

Калориметр складається з двох жорстко з'єднаних мідних циліндричних секцій (1) і (4), що охолоджуються водою та розділені тонкою електроізоляційною прокладкою (9). Електрод (3) плазмотрона і секції калориметра через щітки (8) під'єднані до електричного кола. Між електродом і калориметром формується електрична дуга, яка іонізує газ (повітря або аргон), що подається в проміжок між електродом (3) і корпусом плазмотрона.

Метою експерименту є визначення ефективної потужності та закону розподілу щільності теплового потоку в зоні анодної плями, тобто на площі контакту плазмової дуги (J) з нагріваючою поверхнею, роль якої виконує калориметр. Плазмотрон переміщують у напрямку стрілки (S), а сам калориметр обертають навколо своєї осі. Під час переміщення плазмотрона анодна пляма поступово проходить через межу між секціями (1) і (4), по-різному нагріваючи рідину (воду), що міститься в кожній з них.

Температуру води реєструють диференціальні термопари (5) і (10), розташовані на зовнішній частині корпусу калориметра. Сигнали з термопар через контактні кільця (6) і (7) передаються до вимірювальної апаратури.

Обробка отриманих даних дає змогу визначити ефективну потужність плазмової дуги, а також встановити, що розподіл щільності теплового потоку в зоні нагріву відповідає нормально-коловому закону.

7.6 Залежність зміни щільності теплових потоків від часу

На рисунку 7.9 показано типову картину зміни щільності q_1 і q_2 (по передній і задній поверхнях леза інструменту) теплових потоків від часу при обробці заготовок із конструкційних матеріалів швидкорізучими і твердосплавними інструментами.

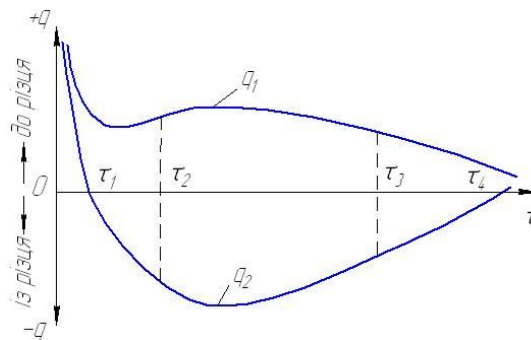


Рисунок 7.9 – Зміна напрямку і щільності q_1 і q_2 теплових потоків від часу

У короткий початковий проміжок часу $0 \leq \tau \leq \tau_1$ після початку різання (тривалістю десяти частки секунди) обидва теплові потоки спрямовані до тіла інструменту. Це пояснюється тим, що холодний різець вступає в контакт із поверхнею різання та стружкою, температура яких різко підвищується на стартовому етапі процесу. Завдяки інтенсивному теплообміну з інструментом температура на його контактних поверхнях у цей момент є нижчою, ніж у подальшому періоді роботи.

Однак теплота, що надходить до інструменту з обох контактних майданчиків ($q_1 > 0$ і $q_2 > 0$), поступово прогріває різучий клин, унаслідок чого щільність потоків q_1 і q_2 зменшується. До моменту часу τ_1 інструмент нагрівається настільки, що тепловий потік q_2 змінює напрям ($q_2 < 0$) і починає

рухатися в бік заготовки. Від цього моменту матеріал заготовки виконує функцію додаткового охолоджувача, відводячи частину теплоти, яка надходить до різця зі сторони контакту зі стружкою. Проте через невеликі розміри цього майданчика відтік теплоти до деталі не є визначальним у загальному процесі теплопередачі.

У проміжку $\tau_1 < \tau \leq \tau_2$ щільність теплового потоку в напрямку заготовки безперервно зростає за абсолютним значенням, зберігаючи від'ємний знак ($q_2 < 0$). Після цього настає стаціонарний період теплообміну $\tau_2 < \tau \leq \tau_3$, упродовж якого величини q_1 і q_2 змінюються незначно.

У процесі зношування задньої поверхні інструменту кількість теплоти, що виникає внаслідок тертя на цій поверхні, збільшується. Тому, хоча напрямок теплового потоку ($q_2 > 0$) зберігається, абсолютне значення його щільності поступово зменшується. На початковому етапі це зниження майже не впливає на відведення теплоти від різця через стружку.

Подальше збільшення зносу та підвищення температури на задній поверхні інструменту супроводжується зменшенням щільності теплового потоку q_2 . У результаті в ріжучому клині починає накопичуватися дедалі більша кількість теплоти. Щільність потоку теплообміну q_2 також поступово знижується, що призводить до підвищення температури інструменту.

На завершальному етапі періоду стійкості ($\tau_2 < \tau \leq \tau_3$) відведення теплоти до заготовки різко зменшується: у момент часу τ_3 тепловий потік q_2 стає рівним нулю, а згодом змінює напрямок ($q_2 > 0$). Таким чином, теплота починає надходити до інструменту з обох контактних зон. Оскільки ріжучий клин до цього часу вже значно прогрітий, подальше надходження теплоти в його робочу частину створює умови, за яких ресурс ріжучої здатності вичерпується, і різець затуплюється.

Динаміка зміни щільності теплових потоків q_1 і q_2 , подана на рисунку 7.9, характерна для безперервного різання та відносно малої різниці між коефіцієнтами теплопровідності λ матеріалу заготовки і λ_1 матеріалу інструменту. Якщо ж різання є переривчастим або різниця між λ та λ_1 значна, то поведінка теплових потоків, їх напрямок і інтенсивність змінюватимуться зовсім по-іншому.

Після аналізу типової картини зміни щільності теплових потоків q_1 і q_2 можна сформулювати такі основні рекомендації щодо зниження температури на контактних поверхнях ріжучого інструменту:

- Потрібно максимально подовжити період теплообміну $0 \leq \tau \leq \tau_2$, упродовж якого обидва теплові потоки спрямовані до тіла інструменту. У цей час температура на контактних поверхнях різця є мінімальною.
- За умов переважного зношування по передній поверхні інструменту слід підсилювати тепловий потік q_1 . Якщо ж основне зношування відбувається по задній поверхні, то при $q_2 < 0$ необхідно обмежувати або зменшувати щільність теплового потоку q_2 , що сприятиме зниженню температури на контактному майданчику між різцем і заготовкою.

- Оскільки заготовка виступає ефективним охолоджувачем інструменту, доцільно збільшувати кількість теплоти, яка відводиться через контактний майданчик. Для масивних заготовок це майже не впливає на їхню власну температуру, але дозволяє істотно зменшити температуру ріжучого клину.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.07.ПЕПР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі було вдосконалено типовий технологічний процес обробки деталі вал - шестерня шляхом використання більш сучасного та продуктивного обладнання, зниження собівартості виготовлення деталі.

Для досягнення поставленої мети було передбачено сучасну технологічну підготовку виробництва з використанням прогресивного обладнання з ЧПК та отримання заготовки з меншими припусками.

Було виконано техніко-економічне обґрунтування отримання заготовки на горизонтально-кувальній машині.

При розробці технологічного процесу аналітичним методом було розраховано припуски на зовнішню циліндричну поверхню, режими різання на токарну операцію та нормування цієї операції. Інші режими та припуски на обробку визначено табличним методом.

На токарну операцію на верстаті з ЧПК було розроблено верстатно-інструментальне налагодження з визначенням опорних точок і розробкою програми обробки та візуалізацією в САМ системі DELCAM Feature CAM.

Було спроектоване спеціальне верстатне пристосування, що дозволяє отримати конічну зубчасту поверхню на фрезерному верстаті.

Розроблений контрольний пристрій для вимірювання похибок взаємного розташування поверхонь дозволяє контролювати радіальне биття шийок валу до 0,016 мм.

Проведено статичне дослідження міцності конструкції деталі у СИСТЕМІ SOLIDWORKS SIMULATION та зроблений висновок про те, що матеріал витримує навантаження в критичних точках конструкції. Змін не потребується.

В науково-дослідній частині були проаналізовані фактори, що впливають на підвищення ефективності функціонування системи різання такі як теплові явища, що чинять вплив на працездатність ріжучого інструменту, якість поверхневого шару деталей і продуктивність обробки. Початковим етапом теплофізичного аналізу було вивчення джерел теплоти і основних закономірностей формування теплових потоків в зоні різання.

Всі технічні рішення економічно обґрунтовані та доведено, що вони можуть бути впроваджені у виробництво.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.В						
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата							
Разраб.	Маркевич				ВИСНОВОК			Лит.	Лист	Листов	
Провер.	Кіяновський									73	
Реценз.								Каф.ТМ гр.ПМ-24м			
Н. Контр.	Нечасв										
Утверд.	Рязанцев										

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білецький В.С., Олійник Т.С., Смирнов В.О., Скляр Л. В. Основи техніки та технології збагачення корисних копалин: навчальний посібник. К.: Ліра-К. 2020. 634 с.
2. С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
3. Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля М.Ф., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, - 860 с.
4. Інженерна графіка в SolidWorks: Навчальний посібник/ С.І. Пустюльга, В.Р. Самостян, Ю.В. Клак. Луцьк: Вежа, 2018. 172 с. URL: <http://surl.li/fmeiv>
5. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
6. ДСТУ EN 10250-1:2008 Поковки сталеві ковані для машинобудування
7. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
8. ДСТУ EN ISO 9692-1:2014 Зварювання та споріднені процеси. Рекомендації до підготовки зварних з'єднань.
9. ДСТУ 2500-94 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків та посадок. Терміни та визначення. Позначення та загальні норми.
10. ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
11. ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
12. Методичні вказівки з курсу “Технологія машинобудування” до практичної роботи “Аналіз технологічності конструкції виробу та деталі при проектуванні технологічних процесів”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання /Цивінда Н.І. - Кривий Ріг: КНУ, 2024.
13. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
14. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ, 1996.
15. ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні.
16. Технологія машинобудування Горбатюк Е.О. Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, -360 с.
17. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендюля М.Ф., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.
18. Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні
Суми: СумДУ, 2013.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.СВД			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Маркевич			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кіяновський					74	
Реценз.						Каф.ТМ гр.ПМ-24м		
Н. Контр.		Нечаєв						
Утверд.		Рязанцев						

19.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.

20.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.

21.Методичні вказівки з курсу ”Системи ЧПК та програмування обробки деталей” до практичної роботи ”Розробка верстатно-інструментального налагодження на верстати з ЧПК”, для здобувачів спеціальності 131 Прикладна механіка денної та заочної форми навчання / Цивінда Н.І., - Кривий Ріг: КНУ, 2019.

21. Дикань С.А. Безпека людини [Текст]: підручник для студ. вищ. закл. / С. А. Дикань, І. О. Іваницька. – Полтава: ТОВ «АСМІ», 2019. – 279 с.

22.А.І.Грабченко, М.В.Верезуб, Ю.М.Внуков, П.П.Мельничук, Г.М.Виговський Робочі процеси високих технологій у машинобудуванні /Під ред. Грабченко А.І.- Житомир: ЖДТУ, 2004.-451с.

23.Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 1 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 288 с.

24. Шкурупій В. Г. Системи технологій : навчальний посібник. Ч. 2 / В. Г. Шкурупій, Ф. В. Новіков, Ю. В. Шкурупій. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2008. – 480 с.

25.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І. Електрофізичні та електрохімічні методи обробки поверхонь деталей у машинобудуванні: [навчальний посібник]. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2011.- 412с.

26.ДСТУ ГОСТ 3.1127:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання текстових технологічних документів. (ГОСТ 3.1127-93, IDT).

27.ДСТУ ГОСТ 3.1128:2014. Єдина система технологічної документації. Загальні правила виконання графічних технологічних документів. (ГОСТ 3.1128-93, IDT).

28.ДСТУ 2974-95. Технологічне підготування виробництва. Основні терміни та визначення.

29.ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення.

30.ДСТУ ГОСТ 3.1102:2014 Єдина система технологічної документації. Стадії розробки та види документів. Загальні положення).

31.ДСТУ ГОСТ 3.1105:2014 Єдина система технологічної документації. Форми та правила оформлення документів загального призначення

32.ДСТУ ГОСТ 2.308:2013 ЄСКД. Зазначення допусків форми та розміщення поверхонь (ГОСТ 2.308-2011, IDT).

33.Єдина система конструкторської документації НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ І ГРАНИЧНИХ ВІДХИЛІВ (ГОСТ 2.307-2011, IDT) ДСТУ ГОСТ 2.307:2013

34.Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної магістерської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Технологія машинобудування усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2025.

					КНУ.КМР. 131.25.1-09.СВД	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		

Додаток

АЛЬБОМ ТЕХНОЛОГІЧНИХ КАРТ

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра технологія машинобудування

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка
освітньо-професійної програми «Технології машинобудування»

на тему: Інженерно-інформаційні технології підготовки виробництва
деталей приводу конвеєрного транспорту з додаванням рішень по
збільшенню ресурсу інструменту.

Виконав:

ст. групи ПМ-24м _____

Маркевич Г.А.

Керівник роботи _____

д.т.н, професор
Кіановський М.В.

Нормоконтроль _____

(підпис)

к.н.т., доцент
Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри _____

к.т.н., доцент
Рязанцев А.О.

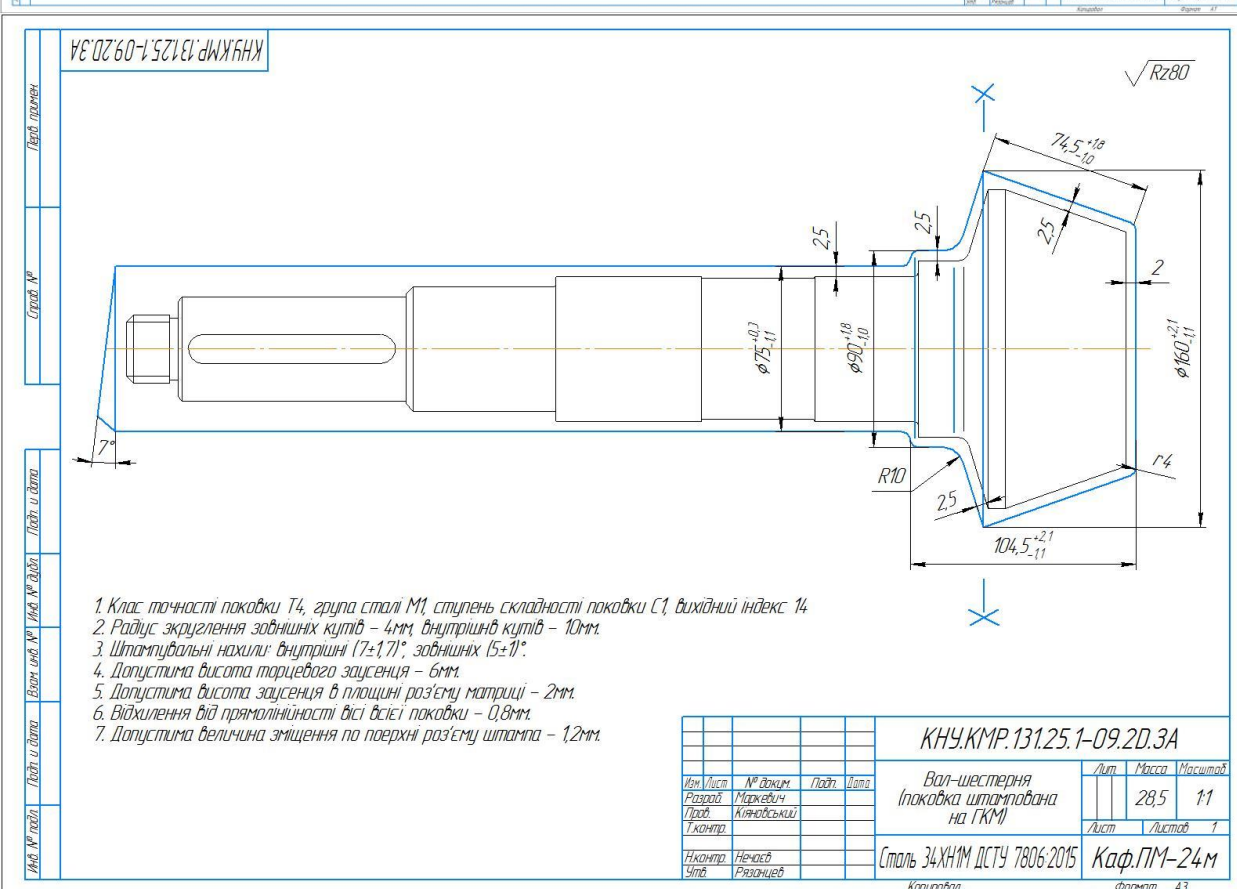
Кривий Ріг
2025 р.

[illegible]

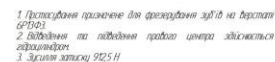


1	Шайба замочна	1	9
1	Шарикопідшипник радіально-упорний	1	12
1	Кільце розпріне	1	5
1	Шарикопідшипник радіально-упорний	1	12
1	Стакан	1	2
1	Кільце стопорне	1	6
1	Ролікопідшипник радіально-сферичний	1	11

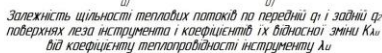
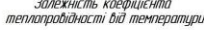
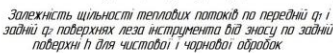
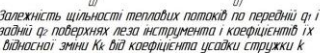
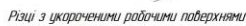
				КНУ.КМР.13125.1-09.СЛ.20.3А				
Дир. АУ	М. Юмарт	Подп.	Иници.	Складання і виконання розширеної ланцюгової схеми збирання		Дир.	Асист.	Масштаб
Заст. Дир.	М. Юмарт					Асист.	Асист.	?
Заст. Дир.	М. Юмарт							
Заст. Дир.	М. Юмарт							
						Каф.ТМ,ПМ-24м		
						Формат А1		



[illegible]



				КНУ.КМР.13125.1-09.СВ.20			
				Специальная Версионная программа на фреймворк операционной			
Задача				Имя		Дата	
Исполн.				Имя		12.12.2012	
Дет.				Имя			
Листов				Имя			
Имя				Имя		Код ТМ. 20/12-24	

[illegible]