

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал» та обґрунтування параметрів надійності процесу за
допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

Хижняков А.О.

Керівник роботи

к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Кривий Ріг
2025 р

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал» та обґрунтування параметрів надійності процесу за
допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

/Хижняков А.О./

Керівник роботи

/к.т.н., доц. Цивінда Н.І./

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П. /

Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О. /

Кривий Ріг
2025 р

Криворізький національний університет
Факультет механічної інженерії та транспорту
Кафедра: технології машинобудування
Освітній рівень: бакалавр
Спеціальність: 131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка»

Затверджую
Зав. кафедри ТМ к.т.н. доц., Рязанцев А.О.

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Студент гр. ПМ-21 Хижняков Артем Олексійович

Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Вал» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою САПР технологій

1. Керівник проекту к.т.н., доц. Цивінда Н.І.

Тема затверджена наказом по КНУ № 45с від “16.01” 2025р.

2. Термін подання студентом закінченого проекту 12 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проекту: 1. Креслення складального вузла.

2. Креслення деталі. 3. Типовий технологічний процес. 4. Річна програма випуску деталі.

4. Зміст пояснювальної записки:

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТУ

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТП

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА ПРОГРАМУВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ FEATURESAM

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Креслення складального вузла. 2. Креслення заготовки 3. Креслення деталі. 4. Ескізи операцій 5. Креслення верстатно - інструментального налагодження. Креслення верстатного оснащення

6. Календарний план:

Етап роботи	Термін виконання
1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА 1.1 Службове призначення вузла 1.2 Розрахунок лінійних розмірних ланцюгів	До 28.01 2025р.
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЕКТУ 2.1 Аналіз якості поверхонь деталі 2.2 Аналіз технологічності деталі 2.3 Вибір типу виробництва .Задачі проектування 2.4 Аналіз типового технологічного процесу 2.5 Обґрунтування вибору заготовки 2.6 Вибір та обґрунтування баз 2.7 Розробка маршруту обробки деталі	02.02 2025р.- 20.02.2025р.
3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	21.03.25- 30.04.25
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТП	з 31.05.2025р.
5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕНН	01.06.25
6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	до 03.06 2025р
Попередній захист	10 .06 2025р.

Дата видачі завдання: “18” 01 2025р.

Студент _____/ Хижняков А.О./

Керівник роботи _____/Цивінда Н.І./

РЕФЕРАТ

Об'єктом проектування є конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «вал» та обґрунтування параметрів надійності процесу за допомогою САПР технологій.

Мета роботи: Розробити прогресивний технологічний процес механічної обробки валу коробки привідної коробки приводів імпелера газотурбінної установки, застосувавши CAD CAM технології, забезпечити точність виготовлення сконструйованим пристроєм для обробки валу на свердлильній операції, та пристроєм контролю параметрів, які задані технічними умовами.

По заданій річній програмі вибраний тип виробництва, розроблений маршрутний та операційний технологічний процес з застосуванням верстатів з ЧПК, спроектована заготовка, обрано обладнання з ЧПК та ріжучий інструмент, розраховані і вибрані припуски на обробку і режими різання. Сконструйовані і розраховані верстатне і контрольне пристосування.

В результаті проведеного техніко-економічного аналізу показана ефективність розробленого варіанту технологічного процесу в порівнянні з базовим.

При проектуванні використані елементи САПР.

ГАЗОТУРБІННА УСТАНОВКА, ВАЛ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЯ, ЯКІСТЬ,
ОСНАСТКА, ПРОДУКТИВНІСТЬ, ЕКОНОМІКА

ABSTRACT

The object of the design is the design and technological preparation of the manufacturing of the "shaft" part and the justification of the process reliability parameters using CAD technologies.

The purpose of the work: To develop a progressive technological process for machining the shaft of the drive box of the impeller drives of a gas turbine unit, using CAD CAM technologies, to ensure the accuracy of manufacturing with a designed device for machining the shaft during drilling operations, and a device for controlling the parameters specified by the technical conditions.

According to the given annual program, the type of production was selected, the route and operational technological process was developed using CNC machines, the workpiece was designed, CNC equipment and cutting tools were selected, machining allowances and cutting modes were calculated and selected. Machine and control devices were designed and calculated.

As a result of the conducted feasibility study, the efficiency of the developed version of the technological process was shown in comparison with the basic one.

CAD elements were used in the design.

GAS TURBINE INSTALLATION, SHAFT, BLANK, TECHNOLOGY, QUALITY,
EQUIPMENT, PRODUCTIVITY, ECONOMY

					КНУ.КБР.131.25.1-20.P			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Хижняков				РЕФЕРАТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Цивінда							
Н. Контр.	Нечаєв					Каф.ТМ,гр. ПМ-21		
Затв.	Рязанцев							

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
	A4		КНУКБР.131.25.1-20.ПЗ	Пояснювальна записка		
Справ. №						
	A2		КНУКБР.131.25.1-20.КВС	Креслення валу(складальне)	1	
	A2		КНУКБР.131.25.1-20.ПВ	Креслення валу	1	
	A3		КНУКБР.131.25.1-20.КЕО	Креслення ескізів	1	
				операцій		
	A2		КНУКБР.131.25.1-20.КЕО	Креслення ескізів	1	
				операцій		
	A1		КНУКБР.131.25.1-20.КВН	Креслення верстатного		
				налагодження		
Подп. и дата	A1		КНУКБР.131.25.1-20.КВП	Креслення верстатного	1	
	A1			пристосування	1	
			КНУКБР.131.25.1-20.ККП	Креслення контрольного		
	A1			пристосування	1	
Инв. № дубл.						
Взам. инв. №						
Подп. и дата						
Инв. № подл.						
				КНУ.КБР.131.25.1-20.ВО		

ЗМІСТ

Вступ

1. Проектування технологічного процесу складання вузла.....	
2. Техніко – економічний аналіз вихідних даних проекту.....	
3. Проектування технологічного процесу.....	
4. Техніко-економічне обґрунтування варіантів маршруту технологічного процесу.....	
5. Розробка верстатно–інструментального налагодження та розрахунково-технологічної карти для операції на верстаті з ЧПК.....	
6 .Проектування технологічного оснащення.....	
Висновки.....	
Література.....	

					КНУ.КБР.131.25.1-20.3			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Хижняков			ЗМІСТ	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цивінда						
Н. Контр.		Нечасв				Каф.ТМ, гр. ПМ-21		
Зав. каф.		Рязанцев						

ВСТУП

Машинобудування, що забезпечує продукцією всі галузі народного господарства, визначає рівень технічного прогресу й впливає на створення матеріально-технічної бази. У зв'язку із цим розвитку машинобудування надається першорядне значення. Одним з факторів, що підвищує рівень машинобудування є розробка прогресивних технологічних процесів. Виходячи із цього здобувач визнав за необхідне проаналізувати надійність процесу виготовлення деталей вал привідної коробки приводів імпелера газотурбінної установки ГПА-Ц-16. Для цього був проведений конструкторський аналіз розмірних ланцюгів, обраний метод складання, що і визначив точність виготовлення вузла.

Технологічний процес спроектований під прогресивні технології виготовлення деталей, із застосуванням продуктивного устаткування з ЧПК.

Заготовка валу обрана з урахуванням техніко-економічного аналізу.

Розраховані припуски й лінійні розміри, що враховують досягнення кінцевої точності розміру з мінімальною собівартістю, призначені прогресивні режими різання й здійснене нормування технологічного процесу виготовлення деталей.

У розроблювальному технологічному процесі, деталі обробляються на технологічній лінії. Застосований САПР у технологічній підготовці виробництва.

Розраховано основні техніко-економічні показники, собівартість деталі.

В альбомі технологічних карт наведені маршрутні та операційні карти для деталей.

					КНУ.КБР.131.25.1-20. В				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					
Розроб.		Хижняков			ВСТУП		Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Цивінда							
Н. Контр.		Нечасв					Каф.ТМ,гр. ПМ-21		
Затв.		Рязанцев							

1 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Призначення та умови роботи машини

Газоперекачуючий апарат ГПА-Ц-16 призначений для стискання природного газу на компресорних станціях магістральних газопроводів до заданої величини. Технічні вимоги: номінальна потужність при температурі зовнішнього повітря $t=15^{\circ}\text{C}$, барометричному тиску $B=760$ мм. рт. ст, опорі всмоктуючого тракту 400 мм. вод. ст., опір газовідводячого тракту 300 мм. вод. ст. Номінальна потужність 16000 кВт (номінальна потужність зберігається при температурі зовнішнього повітря $+25^{\circ}\text{C}$).

Максимальний робочий тиск газу на виході із нагнічувала 76 атм.

ГПА експлуатується при температурі зовнішнього повітря $t = +40^{\circ}\dots -55^{\circ}\text{C}$ і відносній вологості до 98%. Час безперервної роботи паротурбінного двигуна 500 – 750 годин. Витрати мастила газотурбін і двигуна 3кг/год.

1.2 Розрахунок і побудовання розмірного ланцюга

Для забезпечення виконання машиною її службового призначення виконуємо розрахунок допусків складаючи розмірів деталей, що входять до складального вузла, при заданій точності складання(величина допуску вихідного розміру). Точність складаючи розмірів повинна бути такою, щоб забезпечувалася задана точність вихідного розміру.

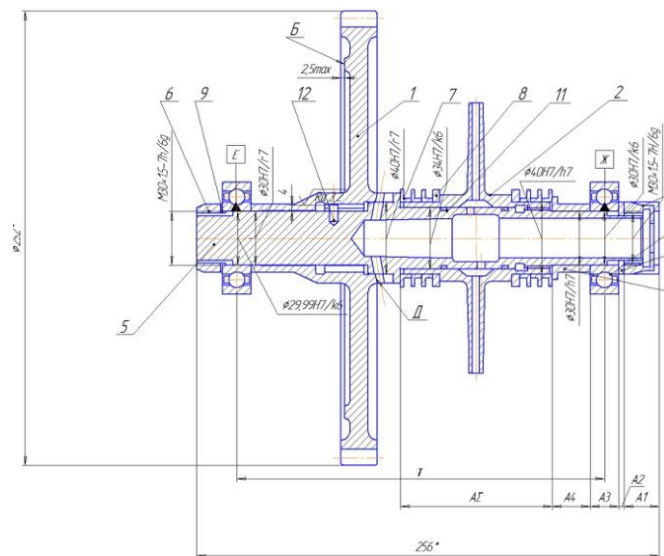


Рисунок 1.1 -Схема побудови розмірного ланцюга

					КНУ.КБР.131.25.1-20.01.ПТП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Хижняков						
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев						
					ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СКЛАДАННЯ ВУЗЛА		
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Каф.ТМ,гр. ПМ-21		

На кресленні складання деталей визначаємо збільшуючі (A_1) та зменшуючі (A_2, A_3, A_4, A_5, A_6) розміри.

Складаємо схему лінійного розмірного ланцюга, в якому :

1, 2, 3, 4, 5 – номери спряжених поверхонь;

A_i – лінійний розмір;

B_i – відхилення від розташування поверхонь, індекс при B – номер поверхні, що має похибку;

A_Σ – вихідна ланка.

Розрахунок розмірного ланцюга виконуємо по методу max – min.

Відомими в ланцюзі є номінальні розміри всіх ланок ланцюга і граничні відхилення вихідної ланки T_Σ .

При розрахунку використовуємо спосіб допусків одного квалітету, який передбачає, що всі складові розміри ланцюга можуть бути виконанні по одному квалітету, а допуски складових розмірів залежать від їх номінального значення.

На складальному кресленні (рис.1.1):1 – лівий торець гайки;2 – правий торець стопорного кільця;3 – лівий торець стопорного кільця;4 – правий торець підшипника;5 – лівий торець підшипника;6 – правий торець втулки;7 – лівий торець втулки;8 – правий торець стопорної втулки;9 – лівий торець стопорної втулки.

Розраховуємо, спочатку, розмірний ланцюг A , де замикаючою ланкою буде довжина імелера з набором стопорних кілець:

A_1 – розмір між лівим торцем гайки і правим торцем кільця – 123,5 мм.;

A_2 – розмір буртика стопорної шайби – 4 мм.;

A_3 – ширина підшипника – 15 мм.;

A_4 – ширина втулки – 20 мм.;

A_5 – замикаюча ланка – 84,5 мм.

Визначаємо допуски на складові ланки по формулі:

$$T_i = ai, \quad (1.1)$$

де i – одиниця допуску, що залежить від номінального розміру ланцюга, a – кількість одиниць допуску.

По способу рівного квалітету точності кількість одиниць допуску для всіх складових розмірів приймаємо однаковими і визначаємо за формулою:

$$a_{cp} = \frac{0,8 \cdot T_\Sigma}{\sum_{i=1}^n i_i} \quad (1.2)$$

Згідно специфікації складального креслення при складанні вибрані підшипники шарикові радіальні ,

де 5 – серія підшипника (клас точності);

206 – умовне позначення підшипника.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.01.ПТП	рк.
Змн.	рк.	докум.	дпис	аДа		

Вибираємо граничні відхилення на ширину підшипника ($^{0}_{-120}$) $T_3 = 120$ мкм.

Тоді формула буде мати вид:

$$a_{cp} = \frac{0,8(T_{\Sigma} - T_3)}{\sum_{i=1}^n i_i} \quad (1.3)$$

де T_{Σ} – допуск вихідної ланки;

T_3 – допуск на довжину підшипника.

$$a_{cp} = \frac{0,8(600 - 120)}{2,52 + 0,73 + 1,31 + 2,17} = 85,5$$

По розрахованому значенню a_{cp} вибираємо найближчий квалітет точності IT10 при $a = 64$; IT11 при $a = 100$.

По формулі (1.1.) розраховуємо допуски на складові ланки крім A_3 (допуск на підшипник).

$$\begin{aligned} T_1 &= a \cdot i_1 = 64 \cdot 2,52 = 161,28 \text{ мкм} && \text{для IT10} && T_1 = 160 \text{ мкм} \\ T_2 &= a \cdot i_2 = 64 \cdot 0,73 = 46,72 \text{ мкм} && \text{для IT10} && T_2 = 48 \text{ мкм} \\ T_4 &= a \cdot i_4 = 64 \cdot 1,31 = 83,84 \text{ мкм} && \text{для IT10} && T_4 = 84 \text{ мкм} \end{aligned}$$

Після знаходження допусків на лінійні розміри виконуємо перевірку допуску вихідного розміру за формулою:

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_i + B_i) \quad (1.4.)$$

де B_i – відхилення від розташування поверхонь вибираємо на 2 класи точніше розмірів.

$$\begin{aligned} B_2 &- 8 \text{ квалітет} && T_2 = 25 \text{ мкм} \\ B_4 &- 8 \text{ квалітет} && T_2 = 25 \text{ мкм} \\ B_5 &- 8 \text{ квалітет} && T_5 = 30 \text{ мкм} \end{aligned}$$

$$T_{\Sigma} = 485 + 80 = 512 \text{ мкм}$$

Так як заданий допуск 600мкм можливо збільшити допуск на стандартне кільце до IT11 $T_2=75$ мкм і на втулку по IT11 $T_4 = 130$ мкм.

Визначаємо координату середини поля допуску вихідної ланки за формулою:

$$em_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\overrightarrow{em}_i + \frac{B_i}{2}) - \sum_{j=1}^k (\overleftarrow{em}_j + \frac{B_j}{2}) \quad (1.5.)$$

де $\overrightarrow{em}_i$ – середина поля допусків збільшуючи ланок;

$\overleftarrow{em}_j$ – середина поля допусків зменшуючих ланок;

					КНУ.КБР.131.25.1-20.01.ЛТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

B_i – відхилення від розташування поверхонь збільшуючи ланок;
 B_j – відхилення від розташування поверхонь зменшуючих ланок.

$$em_{\Sigma} = \frac{160}{2} - \left[\left(-\frac{75}{2} + \frac{25}{2} \right) + \left(-\frac{130}{2} + \frac{30}{2} \right) + \left(-\frac{120}{2} + \frac{25}{2} \right) \right] = 192,5 \text{ мкм}$$

Визначаємо граничні відхилення вихідної ланки за формулою:

$$eS_{\Sigma} = em_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (1.6.)$$

$$eS_{\Sigma} = 192,5 + \frac{600}{2} = 492,5 \text{ мкм}$$

Приймаємо із стандартного ряду відхилень $eS_{\Sigma} = 490 \text{ мкм}$

$$ei_{\Sigma} = em_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2} \quad (1.7.)$$

$$ei_{\Sigma} = 192,5 - \frac{600}{2} = 107,5 \text{ мкм}$$

Приймаємо із стандартного ряду відхилень $ei_{\Sigma} = -110 \text{ мкм}$.

Виконуємо перевірку знайдених граничних відхилень за слідуючими формулами з урахуванням торцевого биття.

$$eS_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (\overrightarrow{eS_i} + B_i) + \sum_{j=1}^k (\overleftarrow{ei_j}) \quad (1.8.)$$

де eS_i – верхнє граничне відхилення збільшуючи ланок;

ei_j – нижнє граничне відхилення зменшуючих ланок.

$$eS_{\Sigma} = 130 + (-75 + 325 + (-130)) = 490 \text{ мкм}$$

$$ei_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{ei_i} - \sum_{j=1}^k (\overleftarrow{eS_j} + B_j), \quad (1.9.)$$

де ei_i – нижнє граничне відхилення збільшуючи ланок;

eS_j – верхнє граничне відхилення зменшуючих ланок.

$$ei_{\Sigma} = -30 - [(0 + 25) + (0 + 25) + (0 + 30)] = -110 \text{ мкм}$$

Таким чином, при розрахунку розмірного ланцюга по методу max-min (або повної взаємозамінності) для визначення замикаючої ланки необхідно, щоб всі складові розміри деталей були виготовленні по квалітету точності IT10 та IT11.

Таким чином розмір імелера з кільцями: $84,5^{+0,490}_{-0,110} \text{ мкм}$.

Проведемо розрахунок кутового розмірного ланцюга:

					КНУ.КБР.131.25.1-20.01.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

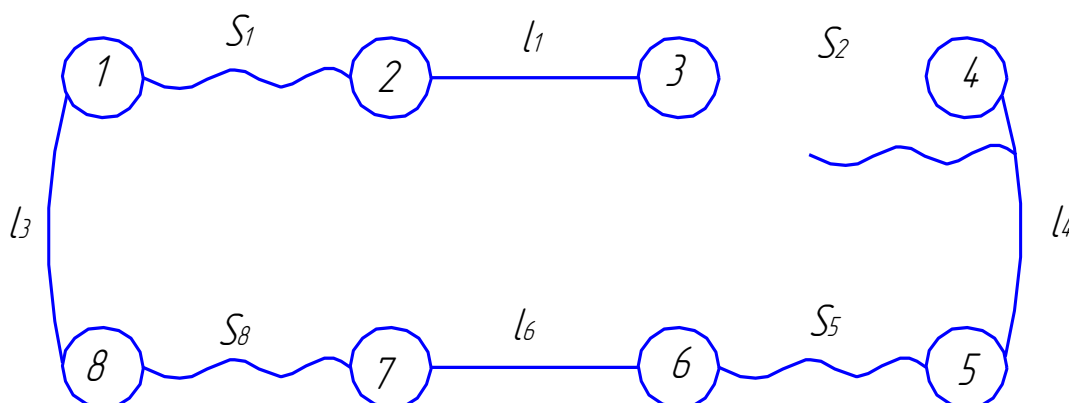


Рисунок 1.2. – Кутовий розмірний ланцюг

Використаємо метод одного квалітету.

Таблиця 1.1 – Значення ланок розмірного ланцюга

Позначення ланки	Номинальний розмір	i	IT	T	Розмір з відхиленням	em	B
l_1	30,3	1,31	6	0,016	$30^{+0,05}_{+0,034}$		40
l_4	40	1,4	6	0,016	$40^{+0,05}_{+0,034}$		30
l_6	34	1,31	7	0,025	$34^{+0,025}$		43
l_3				0,057			169

Допуск замикаючої ланки визначається за формулою:

$$T = a \cdot i, \quad (1.10.)$$

звідси:

$$a = \frac{0,6T}{\sum_{i=1}^n i_i} \quad (1.11)$$

$$a = \frac{0,6 \cdot 57}{1,31 + 1,4 + 1,31} = 8,508$$

Виконуємо перевірку:

$$T_{\Sigma} = 16 + 16 + 25 = 57 \text{ мкм}$$

Визначаємо середину поля допуску замикаючої ланки, виходячи з того, що залежна полка зменшуюча.

$$em = \sum_{j=1}^k (\overleftarrow{em}_j + \frac{B_j}{2}) - \sum_{i=1}^n (\overrightarrow{em}_i + \frac{B_i}{2}) + em_{\Sigma} - 0,5B_{\delta} \quad (1.12.)$$

де em_j – середина поля допуску зменшуючих ланок;

em_i – середина поля допуску збільшуючих ланок;

em_{Σ} – середина поля допуску замикаючої ланки;

B_{δ} – відхилення від розташування поверхні замикаючої ланки.

$$em = \left[\left(0,008 + \frac{0,02}{2} \right) \right] - \left[\left(0,008 + \frac{0,03}{2} \right) + \left(0,0123 + \frac{0,0445}{2} \right) \right] + 0,0285 - 0,5 \cdot 0,169 = -0,096$$

мкм

Визначаємо верхнє граничне відхилення замикаючої ланки:

$$eS = \sum_{i=1}^n \overrightarrow{eS_i} - \sum_{j=1}^k \overleftarrow{ei_j}, \quad (1.13.)$$

де eS_i – верхнє граничне відхилення збільшуючи ланок;

ei_j – нижнє граничне відхилення зменшуючих ланок;

$$eS = 0,016 - (0,016 + 0,023) = -0,025 \text{ мкм}$$

Визначаємо нижнє граничне відхилення замикаючої ланки:

$$ei = \sum_{i=1}^n \overleftarrow{ei_i} - \sum_{j=1}^k \overrightarrow{eS_j}, \quad (1.14.)$$

де ei_i – нижнє граничне відхилення збільшуючи ланок;

eS_j – верхнє граничне відхилення зменшуючих ланок;

$$ei = 0 - (0,05 + 0,025) = -0,075 \text{ мкм}$$

1.3 Технологічний процес складання валу

Таблиця 1.5 - Технологічний процес складання валу

№ з/п операції	Найменування операції та переходу	Пристосування	T°хв []
1	2	3	4
1.	Підготовка деталей до складання 1.Очистити деталі від стружки ржавчини,грязі і зняти напливи і виступи з необхідних мість. 2.Промити в керосині весь комплект деталей (підшипники в бензині), просушити та продути повітрям. 3.Нагріти підшипники в масляній ванні		T _{шт.} =85 T _о =25 T _о =20 T _о =20

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4
2.	Складення валу 1.Зняти заусенці в деталі та притупити гострі кромки. 2.Надіти зліва на циліндричну поверхню валу колесо зубчасте 1 до упору в борт. 3.Запресувати на вал підшипник 13. 4.Нагвинтити на вал гайку 6 та закріпити її шпонкою1. 6.Насадити кільця ущільнюючі 11 справа . 7.Зібрати імпелер з кільцями 7та 8 на столі 7.Надіти на шийку валу імпелер в сборі 8.Надіти на шийку валу втулку 9. Запресувати на вал підшипник 14		$T_{шт.}=140$ $T_o=20$ $T_o=10$ $T_o=15$ $T_o=5,6$ $T_o=3,2$ $T_o=23,2$ $T_o=5.6$ $T_o=2,1$ $T_o=15$
3.	9.Вставити шайбу стопорну10 10. Нагвинтити на вал гайку 3, застопорити її шайбою		$T_o=1,2$ $T_o=5, 6$
4.	Контрольна Контроль якості складання.Перевірити щільність прилягання підшипникових кілець до заплечиків валу щупом.		
5.	Обкатка валу		

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі. Вибір матеріалу і варіантів заміन

Деталь "Вал" є частиною привідної коробки приводів імелера турбіни ГПА-Ц-16, який працює в усіх кліматичних зонах, тобто при будь-яких температурах і вологості. На машину впливають абразиви, що знаходяться в повітрі. При роботі виникають незначні вібрації, що згладжуються опорами машини. Ударних навантажень немає.

Вузол "Вал" є основною частиною датчика контролю обертів турбіни. Вузол призначений для підвода мастила на мембрану датчика, тим самим дозволяє контролювати частоту обертання. Максимальна допустима швидкість обертання турбіни і вузла 3000об/хв. Основне навантаження на вузол передається через зубчасте колесо. Точність вузла визначається лише опорними шийками вала і зубчастим вінцем колеса.

У вузлі деталь служить несучою опорою, а також для підвода мастила через внутрішню порожнину. До деталі пред'являється високі вимоги по точності до зовнішніх поверхонь. Відхилення від розташування поверхом повинні бути мінімальними. Основне навантаження на вал – згин між опорними шийками, а також зминання діаметрів $\varnothing 30,3$ гб і $\varnothing 40$ гб під дією пресової посадки. Так як деталь і вузол не повинні мати великих мас, то до них вимагають високі вимоги до міцності та зносостійкості матеріалу.

В якості матеріалу вибрана сталь 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015. Ця сталь в цементованому і покращеному стані використовується для відповідальних деталей, до яких пред'являються вимоги високої міцності, в'язкості і зносостійкості, а також для деталей, що піддаються високим вібраційним та динамічним навантаженням. Сталь використовують при температурі $t = -70^{\circ} \dots 450^{\circ}\text{C}$.

Механічні властивості сталей:

$\sigma_T=835$ МПа, $\sigma_B=1130$ МПа, $\delta = 12\%$, HB 269.

Заміною сталі 18Х2Н4МА ДСТУ 7806:2015 можуть бути сталі 20Х2Н4А та 15Х2ГН2ТРА ДСТУ 7806:2015.

Сталь 20Х2Н4А використовується для виготовлення шестерень, вал-шестерень, пальців та інших цементованих особо відповідальних деталей до яких пред'являють підвищені вимоги високої міцності, пластичності і в'язкості серцевини та високої поверхневої твердості, що працюють під дією ударних навантажень.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА					
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ			Літ.	Арк.	Аркуші
Розроб.		Хижняков								
Перевір.		Цивінда								
Н. Контр.		Нечасв								
Затв.		Рязанцев			Каф.ТМ,гр. ПМ-21					

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталей

Марка сталі	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Mo, %	P, %	S, %	Cu, %
							не більше		
18X2H4MA	0,14-0,2	0,25-0,55	0,17-0,37	1,35-1,65	4-4,4	0,3-0,4	0,025	0,025	0,3
20X2H4A	0,16-0,22	0,3-0,6	0,17-0,37	1,25-1,65	3,25-3,65	—	0,025	0,025	0,3

2.2 Аналіз якості поверхонь деталі

Деталь "Вал" має основні, допоміжні та вільні поверхні. Основними є поверхні: 1, 2, 3, 10, 14, 17, 19. Допоміжними є поверхні: 4, 5, 7, 8, 9, 11, 15, 16, 20, 21, 22. Інші поверхні є вільними.

Аналіз якості поверхонь деталі "Вал" дозволяє виявити наступне: на кресленні є точні поверхні: $\varnothing 30k6 \begin{smallmatrix} +0,015 \\ +0,002 \end{smallmatrix}$ Ra0,8 для посадки підшипників кочення; $\varnothing 30,3r6 \begin{smallmatrix} +0,050 \\ +0,030 \end{smallmatrix}$ Ra1,6 для посадки зубчатого колеса з натягом 0,050-0,009 мм; $\varnothing 34js6 \begin{smallmatrix} +0,008 \\ -0,008 \end{smallmatrix}$ Ra1,6 місце для посадки імелера, посадка перехідна, зазор 0,033 мм, натяг 0,008 мм; $\varnothing 40r6 \begin{smallmatrix} +0,050 \\ +0,034 \end{smallmatrix}$ Ra1,6 для посадки того ж зубчатого колеса з натягом 0,005-0,009 мм, а також буртик с Ra1,6, що служить для упору зубчатого колеса і кільця.

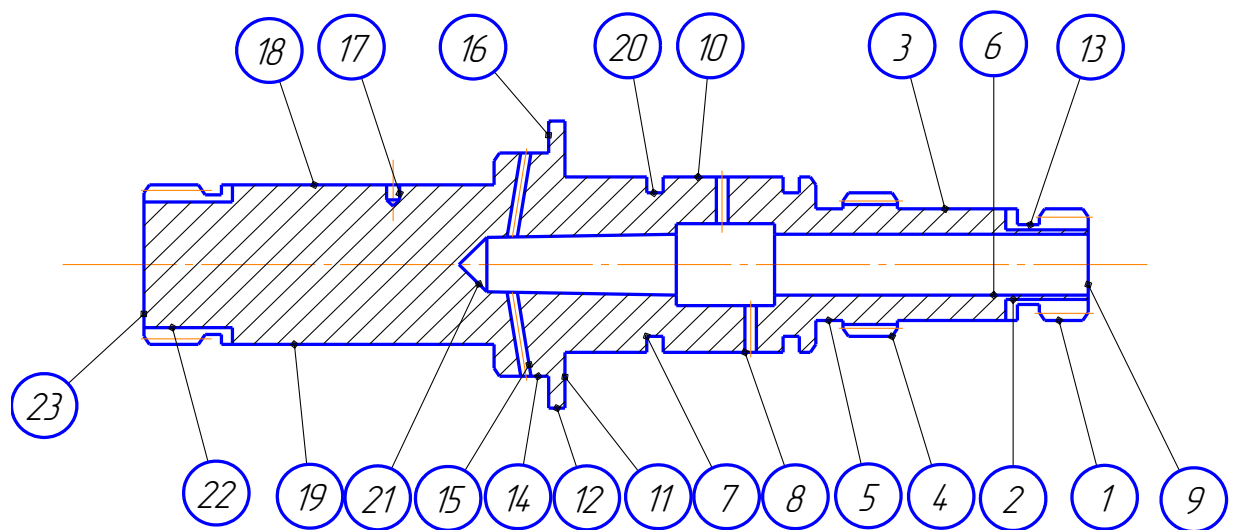


Рисунок 2.1 – Ескіз деталі "Вал"

Для усіх цих поверхонь пред'являють високі вимоги по торцевому биттю (0,02; 0,03), а також круглості та циліндричності (0,01).

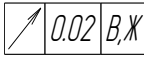
Достатньо низька шорсткість отворів Ra3,2, Ra6,3 обумовлена прокачкою крізь них мастила під тиском. Складові частини, що знаходяться в мастилі, мають абразивний вплив на порожнини, крізь які тече мастило, тому і потрібна низька шорсткість.

Вимоги до торцевого биття високі (0,02; 0,03; 0,05), це необхідно для точності посадок спряжених деталей, а також для зниження вібрацій при

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат					

більших обертах складального вузла (до 3000 об/хв). В цілому виходячи із відповідальності службового призначення деталі "Вал" в складальному вузлі приймаємо вимоги призначені конструктором без змін.

Таблиця 2.1 – Характеристика поверхонь деталі

№ пов.	Номинальний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т Відхилення розміру	Шорсткість Ra	Відхилення форм та розташування форм
	2	3	4	5	6
1	2 поверхні М30х1,5	12		1,6	
2	4 пази 20х5	12		6,3	
3	2 поверхні $\varnothing 30^{+0.015}_{+0.002}$	K6	0,01	0,8	 0,01 
4	$\varnothing 33,5^{-0.1}_{-0.2}$, m = 1			3,2	
5	$\varnothing 28,5$	12		6,3	
1	2	3	4	5	6
6	$\varnothing 22$	12		3,2	
7	$\varnothing 30,3$	9		6,3	
8	4 отв. $\varnothing 4$	12		6,3	
9	L = 80	12		3,2	
10	$\varnothing 34^{+0.008}_{-0.008}$	js5	0,02	1,6	
11	135	12	0,03	6,3	
12	$\varnothing 50$	12		1,6	
13	4	12	0,03	1,6	
14	$\varnothing 40^{+0.05}_{+0.034}$	r6	0,02	1,6	
15	4 отв $\varnothing 5$	H12	0,2; 0,5	6,3	
16	L = 14	12		1,6	
17	$\varnothing 5^{+0.012}$	H7		6,3	
18	$\varnothing 30_{-0.13}$	11		1,6	
19	$\varnothing 30,3^{0.050}_{+0.034}$	r6	0,02	1,6	
20	$\varnothing 26$	12		3 2	
21	$\varnothing 20$	12		6,3	
22	$24,8_{-0.21}$	H12		6,3	
23	$248_{-0.5}$	12		1,6	

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Креслення валу відповідає вимогам ЄСКД. Креслення містить всі необхідні відомості, види, перерізи, які чітко та вичерпно пояснюють конфігурацію та можливі способи отримання заготовки. На кресленні присутні розміри з необхідними допусками, шорсткістю поверхонь, допустимі відхилення геометричних форм та взаємного розташування поверхонь. Креслення має відомості про матеріал, масу деталі, твердість та інші вимоги до креслення.

Розміри 32,6; 30,3; 39 не відповідають значенням нормального ряду лінійних і діаметральних розмірів. Розміри проставлені як ланцюговим так і координатним методом, лінійні розмірні ланцюги проставлені вірно. Спеціальних методів обробки для даної деталі не передумовлено.

2.4 Аналіз технологічності деталі

Для забезпечення не тільки експлуатаційних вимог, а й вимог найбільш екологічного виготовлення, необхідно відпрацювати деталь на технологічність по ГОСТ 14.201-83.

Оцінка технологічності конструкції може бути двох видів: кількісна та якісна.

2.4.1 Якісний аналіз технологічності

Якісна оцінка виявила наступне:

1. Для отримання даної деталі можливе використання виробничого та економічного методу отримання заготовки.
2. Деталь "Вал" має добре розвинені базові поверхні.
3. Жорсткість деталі: $l/d = 248/34 = 7,29$. Деталь не жорстка, необхідно використовувати люнет, підвищені режими різання застосовувати недоречно (матеріал 18X2H4MA).
4. Чи є можливість вільного підводу та відводу інструмента.
5. Деталь виконується з достатньо високою точністю IT6 і шорсткістю Ra1,6-0,8, тому необхідно застосування верстату підвищеної точності.
6. Нетехнологічними елементами є: отвори під кутом $\varnothing 5$, глибокий отвір $\varnothing 22$, з камерою на $l = 80$, канавки для виходу інструменту, отвір $\varnothing 5H7$ на циліндричній поверхні.

2.4.2 Кількісний аналіз технологічності

Кількісна оцінка технологічності проводиться по коефіцієнтам:

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = \frac{m_o}{m_z} \quad (2.1.)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де m_0 – маса деталі, кг;
 m_3 – маса заготовки, кг.

$$K_{в.м.} = \frac{2,4}{4,8} = 0,5$$

Визначаємо середню точність:

$$\pi_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \pi_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (2.2.)$$

де π_i – клас точності поверхонь;
 n_i – номер поверхонь.

$$\pi_{cp} = \frac{5 \cdot 1 + 6 \cdot 4 + 7 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 15}{23} = 10,23$$

Визначаємо середню шорсткість:

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n Ra_i \cdot n_i}{\sum_{i=1}^n n_i} \quad (2.3.)$$

де Ra_i – шорсткість поверхонь;
 n_i – кількість поверхонь.

$$R_{cp} = \frac{0,8 \cdot 2 + 1,6 \cdot 8 + 3,2 \cdot 4 + 6,3 \cdot 9}{23} = 3,5$$

Визначаємо коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{K_i}{n_i} \quad (2.4)$$

2.5 Вибір типу виробництва. задачі проектування

2.5.1 Вибір типу виробництва

Будемо вважати, що виробництво деталі буде середньо серійним і обробка буде виконуватись на технологічній лінії. Після розробки технологічного процесу тип виробництва уточнюється за коефіцієнтом закріплення операції.

2.5.2 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу. Задачі проектування

В якості базового технологічного процесу вибираємо заводський технологічний процес.

Таблиця 2.2 – Заводський технологічний процес

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

№ з/п	Найменування операції	Тип, модель верстата	Час Т _{шт} , хв.
1	2	3	4
005	Відрізна		
010	Токарна	Токарно-гвинторізний	0,89
015	Маркірування		0,017
020	Промивка		0,012
025	Контрольна		0,05
030	Транспортування		0,03
035	Загартування		
040	Токарна	Токарно-гвинторізний 16K20	1,39
045	Токарна	Токарно-гвинторізний 16K20	0,84
050	Фрезерна	Вертикально-фрезерний 6P13	0,315
055	Слюсарна		0,045
060	Колошліфувальна	Колошліфувальний 3M1514	0,65
065	Зубодовбальна	Зубодовбальний 5140	0,33
070	Слюсарна		0,081
075	Координатно-розточувальна	Координатно-розточувальний 2E440A	0,75
080	Слюсарна		0,099
085	Промивка		0,012
090	Контрольна		0,12
095	Контрольна		
100	Промивка		0,012
105	Транспортування		0,033
110	Окислення хімічне		
115			0,012

Задачі проектування.

В сучасному машинобудуванні при проектуванні виробничого процесу перед технологом ставиться наступні задачі: підвищення точності та якості продукції за рахунок впровадження прогресивної ресурсозберігаючої технології. Керуючись цим правилом, ми вносимо пропозицію про збільшення коефіцієнта використання матеріалу та зменшення собівартості заготовки. Одержання заготовки – прокат, так як штампування потребує значних затрат, та трудомісткості. На заводі використовується застаріле обладнання та обладнання зарубіжного виробництва. Доцільно було б змінити універсальні верстати на верстати з ЧПК. Зарубіжні верстати замінюємо на вітчизняні.

Для підвищення ефективності виробництва використовують принцип концентрації операцій. Дані заходи дозволяють скоротити Т_{шт}.

Після проведення аналізу на технологічність можливо зробити наступні висновки:

1. Коефіцієнт використання матеріалу невеликий, для його підвищення можливо отримати вал гарячим об'ємним штампуванням на пресах. Це наблизить конфігурацію заготовки до конфігурації деталі, але підвищить затрати на отримання заготовки.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

2.Вимоги по точності та шорсткості більшості поверхонь достатньо високі (загальна шорсткість R_a 1,6), що потребує неодноразової, а також оздоблювальної обробки.

3.Конструкція деталі дає можливість механічну обробку поверхонь високої точності виконувати з використанням принципу єдності та постійності баз.

4.Деталь тіло обертання симетрично відносно своєї вісі, що дозволяє використовувати стандартну оснастку або нескладне оснащення.

5.Існують нетехнологічні поверхні для обробки яких необхідні спеціальні пристосування і інструмент, але змінити їх конструкцію неможна, оскільки це обумовлено службовим призначенням деталі.

6.Матеріал: жароміцна сталь 18Х2НЧМА, замінити її на більш дешеву неможна, бо це втратить експлуатаційні якості.

7. Деталь в цілому, можливо вважати як технологічну, не дивлячись на те, що її обробка потребує додаткових витрат.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.02.ТЕА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовки

Обґрунтуємо вибір заготовки для вала матрицею впливу факторів при $N_p=5000$ шт.

Таблиця 3.1 – Порівняння методів отримання заготовки.

Спосіб отримання заготовки	Форма і розміри заготовки	Потребуюча точність та якість	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма	Виробничі можливості заводу	Сума
Прокат	+	+	+	+	+	5
Штамповка на молотах	—	+	+	—	+	3
Штамповка на пресах	—	—	+	+	+	3
Кування	—	+	+	+	+	4
Штамповка на ГKM	+	+	+	+	+	5

Для порівняння вибираємо два варіанти прокат та гаряча об'ємна штамповка на ГKM. Порівняння виконуємо по приведеним витратам, оскільки форма прокату відрізняється від форми штамповки на чорнову токарну операцію.

Приведені затрати по деталі для прокату:

$$Z_{пр} = A + Z_0 + E_n \cdot O_z, \quad (3.1)$$

де A – вартість заготовки з прокату;

$$A = C_m \cdot G_{з.п} - (G_{з.п} - G_d) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (3.2)$$

де $C_{отх}$ – ціна 1м відходів, $C_{отх} = 128$ грн;

$G_{з.п}$ – витрати матеріалу на 1 деталь з врахуванням технологічних витрат

$$G_{з.п} = G_z (100 + П_{п.о}) / 100, \quad (3.3)$$

де $П_{п.о}$ – загальні витрати матеріалу при виготовленні з прокату

$$П_{п.о} = П_{н.к} + П_{о.т} + П_{зат} + П_{отр}, \quad (3.4)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат			
Розроб.	Хижняков				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	Лім.	Арк.
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечаєв					Каф.ТМ,гр. ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

де $P_{o.t.}$ – витрати на торцеве обрізання прокату,

$$P_{o.t.} = (L_{o.t.} \cdot 100) / L_{np}, \% \quad (3.5)$$

$P_{нк}$ – витрати матеріалу на не кратність,

$$P_{нк} = (L_{нк} \cdot 100) / L_{np}, \% \quad (3.6)$$

$P_{зат}$ – витрати при вибраній довжині затиску

$$P_{зат} = (L_{зат} \cdot 100) / L_{np}, \% \quad (3.7)$$

$P_{отр}$ – витрати на обрізання заготовки

$$P_{отр} = (L_p \cdot 100) / L_{np}, \% \quad (3.8)$$

де L_{np} – нормальна довжина прокату 4 – 7 м, приймаємо 4м.

Припуск на обробку двох торцевих поверхонь 24 мм

$L_{зат}$ – витрати на затиск заготовки = 80 мм

Заготовку обрізають на ножицях. Це найбільш продуктивний спосіб.

$L_{об}$ – довжина торцевого обрізання прокату:

$$L_{об} = (0,3 - 0,5)d, \quad (3.9)$$

де d – діаметр заготовки, $d = 55$ мм;

$$L_{об} = 0,3 \cdot 55 = 16,5 \text{ мм}$$

Число заготовок, виходячи з прийнятої довжини прокату по стандартам визначається за формулою:

$$X = \frac{L_{np} - L_{зат} - L_{об}}{L_z - L_{np}} \quad (3.10)$$

$$X = \frac{400 - 80 - 16,5}{254 - 24} = 15,1$$

Отримуємо 15 заготовок.

Залишок довжини визначаємо в залежності від прийнятої довжини прокату:

$$L_{нк} = L_{np} - L_{об} - L_{зат} - (L_z \cdot X_4), \quad (3.11)$$

$$L_{нк} = 4000 - 16,5 - 80 - (257 \cdot 15) = 48,5 \text{ мм}$$

або $P_{нк4} = (L_{нк} \cdot 100) / L_{np}, \quad (3.12)$

$$P_{нк4} = (48,5 \cdot 100) / 4000 = 2\%$$

Витрати матеріалу на затиск при обрізанні по відношенню до довжини визначаємо за формулою (3.7)

$$P_{зат} = (80 \cdot 100) / 4000 = 2\%$$

Витрати матеріалу на довжину торцевого відрізка визначаємо за формулою (3.6)

$$P_{от} = (16,5 \cdot 100) / 4000 = 0,4\%$$

Загальні витрати визначаємо за формулою (3.4)

$$P_{п.о} = 1,2 + 2 + 0,4 = 3,6\%$$

Розрахунок матеріалу на одну деталь з врахуванням всіх технологічних витрат визначаємо за формулою (3.3)

$$G_{з.п} = 4,8 \cdot (100 + 3,6) / 100 = 4,9728 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K_{B.M} = \frac{m_g}{G_{3n}} \quad (3.13)$$

де m_g – маса деталі, $m_g = 2,4$ кг.

$$K_{B.M} = \frac{2,4}{4,9728} = 0,48$$

$$\text{Вартість } A = 4,8 \cdot 4,97 - (4,97 - 2,4) \cdot \frac{128}{1000} = 23,52 \text{ грн.}$$

$З_0$ – заробітна плата по різних операціям механічної обробки

$$З_0 = \frac{2,4 \cdot T_{шт.к.} \cdot C_p}{60}, \quad (3.14)$$

де $T_{шт.к.}$ – норма штучно-калькуляційного часу на чорнову токарну обробку:

$$T_{шт.к.} = 0,17 \cdot d \cdot l \cdot 10^{-3} \quad (3.15)$$

де d – діаметр деталі, мм

l – довжина деталі, мм

$$T_0 = (0,17 \cdot 53 \cdot 252 + 0,17 \cdot 44 \cdot 133 + (0,17 \cdot 40 \cdot 0,99)) \cdot 10^{-3} = 2,9 \text{ хв}$$

$$T_{шт.к.} = \varphi_k \cdot T_0, \quad (3.16)$$

де φ_k – допоміжний коефіцієнт $\varphi_k = 2,14$

$$T_{шт} = 2,14 \cdot 2,9 = 6,34 \text{ хв.}$$

C_p – годинна тарифна ставка розряду робіт:

$C_p = 0,71$ – для IV розряду.

$$З_0 = \frac{2,4 \cdot 6,34 \cdot 0,71}{60} = 0,81 \text{ грн.}$$

Годинні поточні витрати по експлуатації верстату:

$$O_3 = \frac{T_{шт} \cdot C_1}{70}, \quad (3.17)$$

де C_1 – годинні поточні витрати по експлуатації верстату:

$C_1 = 4$ грн/год.

$$O_3 = \frac{6 \cdot 34 \cdot 4}{70} = 0,36 \text{ грн.}$$

Питомі капітальні затрати на операцію:

$$З_k = \frac{(B + K_y) \cdot T_{шт}}{60 \cdot \Phi \cdot \eta} \quad (3.18)$$

де B – Балансова вартість верстату токарного – 8688 грн.

K_y – вартість площі цеху

$$K_y = \Pi \cdot \varphi \cdot \gamma, \quad (3.19)$$

де Π – вартість 1 м^2 площі цеху – 180 грн

φ – габаритні розміри верстату 2050×1190 мм;

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03. ПТП	Арк.А
Змн.	Арк.А	№ докум.№	ПідписПі	Дат		

γ – коефіцієнт, що враховує додаткову площу $\gamma=5,0$;

$$K_y = 180 \cdot 2,9 \cdot 5 = 2610 \text{ грн.}$$

Φ – річний фонд роботи верстату: 4015 годин,

η – коефіцієнт використання верстату $\eta=0,75$;

$$z_k = \frac{(8688 + 2610) \cdot 6,34}{60 \cdot 4015 \cdot 0,75} = 0,39 \text{ грн.}$$

Таким чином приведені затрати складають:

$$z_{np} = 23,52 + 0,18 + 0,15 \cdot 0,39 + 0,36 = 24,11 \text{ грн.}$$

Розраховуємо вартість штамповки:

$$A_{um} = C_m \cdot Q \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_{on} - (Q - q) \cdot \frac{G_{omx}}{1000} \quad (3.20)$$

де C_m – оптова ціна матеріалу – 3,2 грн.;

Q – вага поковки – 3,94 кг;

K_m – коефіцієнт, що враховує масу заготовки: 0,899;

K_c – коефіцієнт, що враховує групу складності поковки: 1;

K_{on} – коефіцієнт, що враховує групу серійності поковки: 4.

$$A_{um} = 3,2 \cdot 3,94 \cdot 0,899 \cdot 1 \cdot 4 - (3,94 - 2,4) \cdot \frac{128}{1000} = 45,1 \text{ грн.}$$

Як видно із розрахунків дорожче виходить штамповка тому вибираємо прокат.

$$K_{pyz} = \frac{18X2H4MA - ДСТУ7806 : 2015}{254_{-0,2} - 8 - ДСТУ7809 : 2015}$$

3.2 Проектування заготовки

Заготовка: прокат

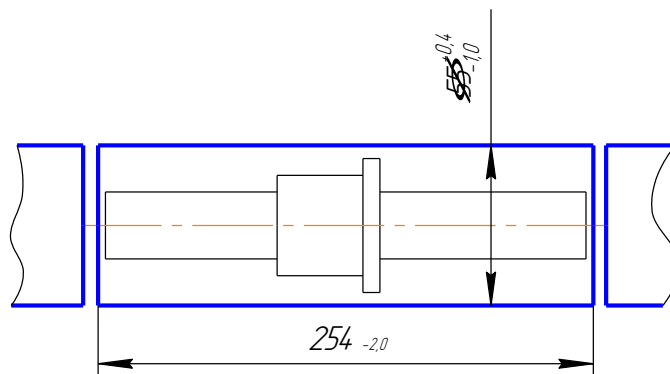


Рисунок 3.1 – Ескіз прокату

Заготовка: штамповка на ГKM

Маса штамповки $Q = 3,94$ кг

Розрахунковий коефіцієнт $K_p = 1,5$

Розрахункова маса штамповки $Q_p = Q \cdot K_p = 3,94 \cdot 1,5 = 5,91$ кг

Клас точності T4

Група сталі M2

Ступінь складності C2

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідний індекс 13

Припуски та кувальні напуски:

2 мм – діаметр $\varnothing$ 50 мм

4 мм – діаметр $\varnothing$ 30 мм

2 мм – довжина 18 мм

2 мм – довжина 248 мм

Додаткові припуски:

Зміщення по поверхні роз'ємну штампа 0,4 мм

Зігнутість, відхилення від площинності та прямолінійності – 0,8 мм.

Розміри поковки та їх допустимі відхилення:

діаметр : $50+(2+0,8)\cdot 2 = 55,6$ мм, приймаємо 56 мм

діаметр : $30+(4+0,8)\cdot 2 = 39,6$ мм, приймаємо 40 мм

довжина : $18+(2+0,8)\cdot 2 = 23,6$ мм, приймаємо 24 мм

довжина : $248+(2+0,8)\cdot 2 = 253,6$ мм, приймаємо 254 мм

Радіус округлення кутів: 3,5 мм

Штамповочний уклін: 7°

Допустимі відхилення:

$\varnothing 56^{+0,9}_{-0,5}$

$\varnothing 40^{+0,8}_{-0,4}$

$24^{+1,0}_{-0,2}$

$254\pm 1,1$

Допустима висота завусениць роз'ємну матриці: 2,4 мм

Допустима висота торцевого заусенця: 7 мм, Нахилання зрізу 7°

Допустиме відхилення: від площинності та від прямолінійності – 1,0 мм; від вигнутості – 1,6 мм

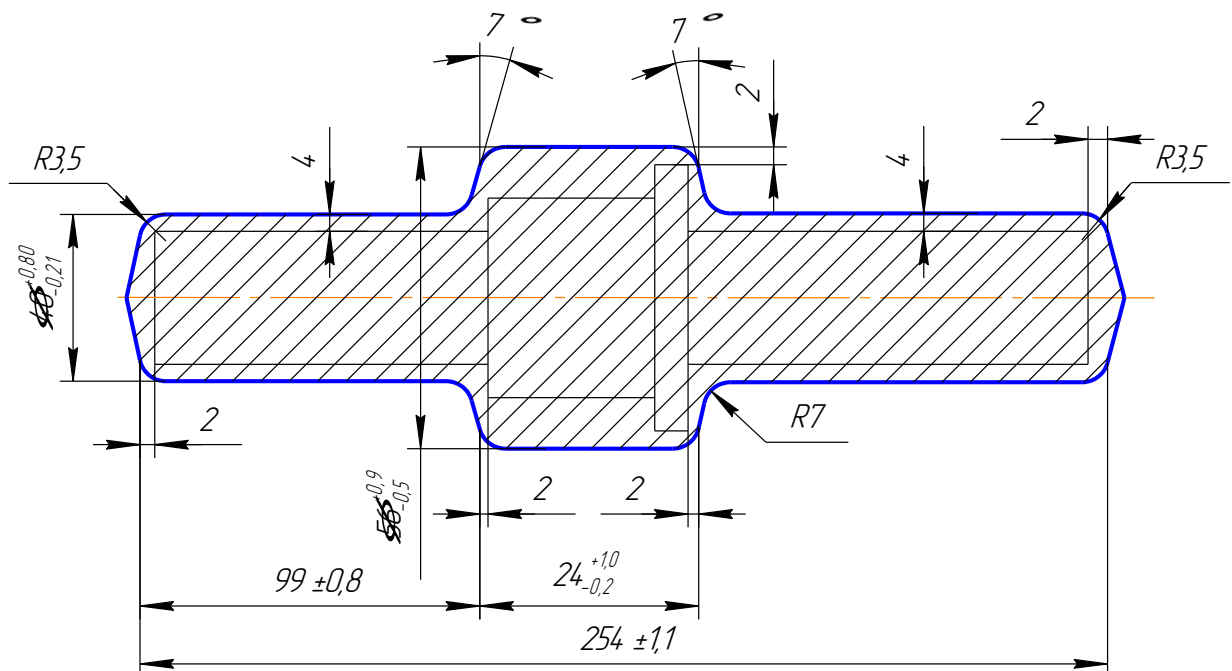


Рисунок 3.2 – Ескіз поковки штампованої на ГKM

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.3 Вибір і обґрунтування баз

Деталь відноситься до класу “вал”, тип – вал, з центральним отвором, найменування – вал зі шліцями, позначення 2-1-3.

Основними конструкторськими базами є шийки під підшипники $\varnothing 30\text{к6}$. Основною технологічною базою є вісь вала, яка також є і вимірною базою. Основною конструкторською базою буде поверхня, що визначає положення деталі в складальному вузлі, тобто поверхня під підшипники $\varnothing 30\text{к6}$. Для фрезерної та свердлильної операції встановлюючою базою також буде поверхня під підшипники $\varnothing 30\text{к6}$, оскільки тільки базуючи на ній ми можемо забезпечувати точність шпоночних пазів.

Для токарної і шліфувальної операції направляючою базою буде служити вісь. Упорною базою в усіх випадках буде торець вала. При обробці вала повністю виконується принцип сумісності баз, так як при обробці, збиранні та контролі за бази приймають одні й ті ж поверхні $\varnothing 30\text{к6}$, торець.

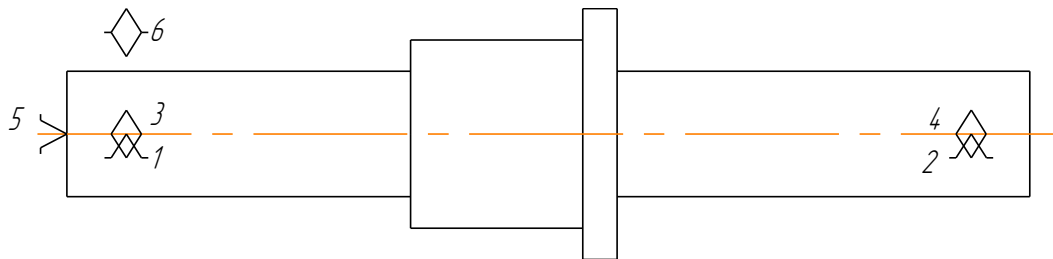


Рисунок 3.3 – Теоретична схема базування

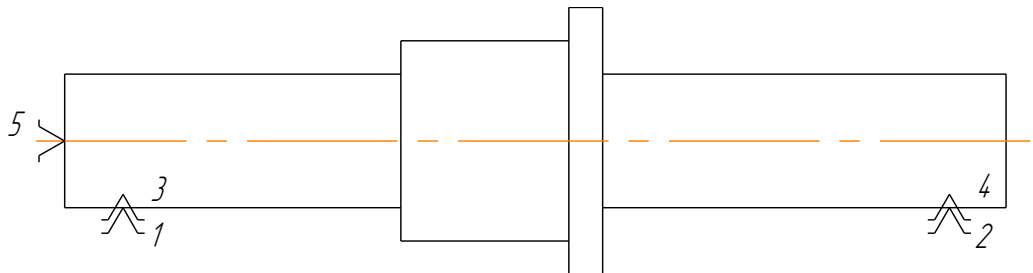


Рисунок 3.4 – Схема базування при точінні

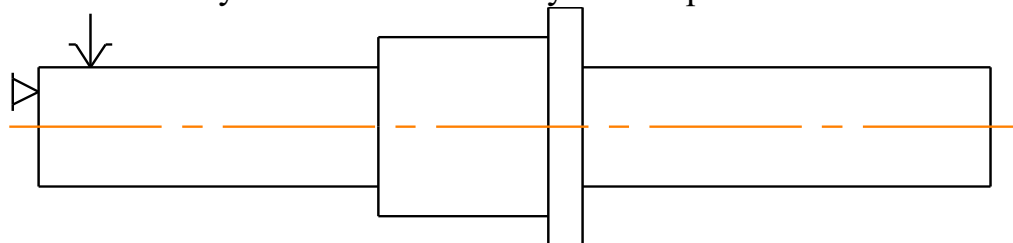


Рисунок 3.5 – Схема базування при точінні і свердлуванні

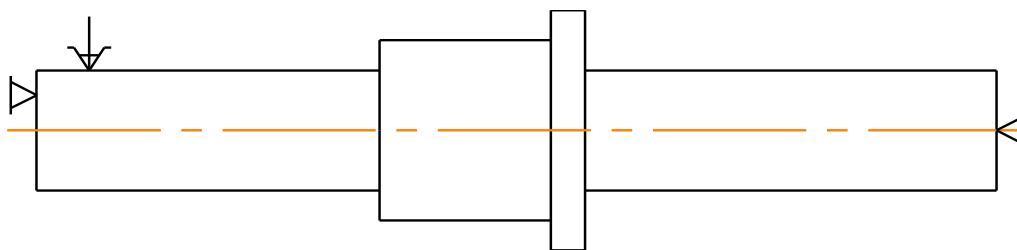


Рисунок 3.6 – Схема базування при точінні

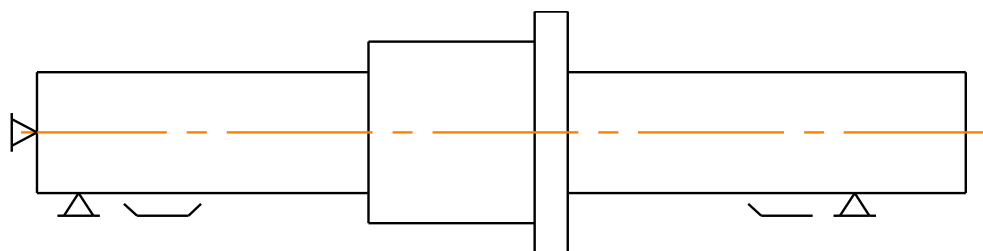


Рисунок 3.7 – Схема базування при фрезеруванні

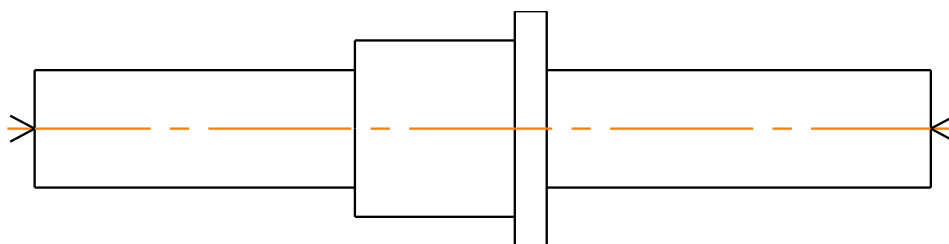


Рисунок 3.8 – Схема базування при свердлінні

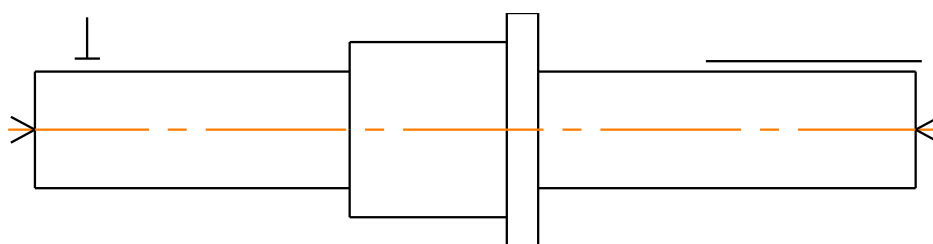


Рисунок 3.9 – Схема базування при шліфуванні

3.4 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь

На зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні визначити кількість послідовних переходів з поступовим наближенням до необхідної точності і шорсткості. Данні представимо у таблицю 3.2.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 3.2 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткіс ть, Ra	Точність, ІТ	Допуск, Т
1	2	3	4	5
3 $\varnothing 30k6^{+0,015}_{+0,002}$	прокат	50	14	620
	чорнове точіння	25-12,5	12	250
	напівчистове точіння	6,3	10	160
	чистове точіння	1,6	8	39
	шліфування	0,8	6	13
19 $\varnothing 30,35r6_{0.016}$	прокат	50	14	620
	чорнове точіння	25-12,5	12	250
	напівчистове точіння	6,3	10	160
	чистове точіння	1,6	8	39
	шліфування	0,8	6	13
14 $\varnothing 40r6_{-0.016}$	прокат	50	14	620
	чорнове точіння	25-12,5	12	250
	напівчистове точіння	6,3	10	160
	чистове точіння	1,6	8	39
	шліфування	0,8	6	13
10 $\varnothing 34js6$	прокат	50	14	620
	чорнове точіння	25-12,5	12	250
	напівчистове точіння	6,3	10	160
	чистове точіння	1,6	8	39
	шліфування	0,8	6	13
1135 $\pm 0,3$	прокат	50	14	1000
	чорнове точіння	12,5	14	1000
	напівчистове точіння	6,3	14	1000
	чистове точіння	2,5	14	1000
	шліфування	1,6	13	630
6 $\varnothing 22$	свердління	3,2	12	210
17 $\varnothing 5H7$	свердління	12,5	12	100
	зенкерування	6,3	7	10
18 $\varnothing 30h11$	прокат	50	14	620
	чорнове точіння	2,5	12	250
	напівчистове точіння	1,6	11	160
1248	прокат	50	14	1150
	чорнове точіння	12,5	13	720
	напівчистове точіння	2,5	12	460
	чистове точіння	1,6	12	460

3.5 Розробка маршруту обробки деталі

Таблиця 3.3 – Маршрут обробки деталі

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базової поверхні	Тип, модель верстату
1	2	3	4	5
005	Токарна	22, 3, 23, 19	23, 9, 12, 22, 3	Токарний INDUSTRIE 2000/250 HD
010	Транспортна			
015	Маркірування			Верстак
020	Промивка			Миюча машина
025	Контроль			Стіл ОТК
030	Загартовування			
035	Токарна з ЧПК	22, 12, 36, 20, 10, 21, 9, 11, 18, 16, 14, 23, 19	19, 23 перевстанови ти 22, 3	Токарний з ЧПК MetalMaster L 400
040	Токарна з ЧПК	22, 1, 3, 4, 5, 7, 22, 10, 23, 11, 12, 13, 23, 19, 18, 16, 24, 13, 14	центрові отвори, 19 перевстанови ти 3, 22	Токарний з ЧПК MetalMaster L 400
045	Фрезерна з ЧПК	1, 4 шпоночних паза	19, 23, 3, 22	Фрезерний з ЧПК HAAS VF 1
050	Слюсарна			Верстак
055	Круглошліфувальна	13, 3, 14, 11, 10	центрові отвори	Круглошліфувальний 3M510
060	Зубодовбальна	шліци	23, 19	Зубодовбальний 5140
065	Слюсарна			
070	Свердлильна	17, 8	19, 23, 3, 22	Фрезерний з ЧПК STERLITAM AK 400V
075	Свердлильна	15	Центрові отвори	Фрезерний з ЧПК STERLITAM AK 400V

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ЛТПП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5
080	Слюсарна			
085	Промивка			Миюча машина
090	Контрольна			Стіл ОТК
095	Окислення хімічне			
100	Контрольна			

3.6 Розробка технологічних операцій

Таблиця 3.4 – Розробка технологічних операцій

№	1. Назва операції 2. Верстат 3. Зміст переходів операції	Верстатне пристосування	Інструмент (ріжучий, допоміжний, вимірювальний)
1	2	3	4
005	1. Токарна 2. INDUSTRIE 2000/250 HD 3. А. Встановити, закріпити, зняти. Підрізати торець 12. Точити поверхню 12. Точити поверхню 10 з підрізкою торця 11. Точити дві фаски 1×45°. Перевстановити деталь Підрізати торець 23. Точити поверхню 19 з підрізкою торця 16. Точити дві фаски 1×45°.	Патрон ГОСТ 2675-80	Різець Т15К6 ДСТУГОСТ 18863-73 Різець Т5К10 ДСТУГОСТ 18863-73 Штангенциркуль ШЦ-II -160-0,05 ДСТУГОСТ 166-80 Штангенглибиномір ШГ 160 ДСТУГОСТ 162-80
035	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК Metal Master L 400 3. Підрізати торець 23 начисто. Центрувати торець центровим отвором А2 ГОСТ 14034-74. Точити поверхню 12. Точити поверхню 14 з підрізкою торця 13. Точити поверхню 19. Точити поверхню 22 з підрізкою торця. Точити поверхню 3 з підрізкою торця 16. Прибрати центр. Перевстановити деталь Підрізати торець в розмір 156-1,5. Центрувати торець Свердлити отвір ø10 на l = 95 мм. Розсвердлити отвір ø22. Розточити праву частину виточки 20 врізавшись різцем і підрізати торець 9. Розмір від різця до торця 80-0,5. Розточити частину виточки, що залишилась 20 з підрізкою лівого торця. Центрувати лівий торець виточки. Свердлити отвір ø6. Розточити фаску 1×30°. Піджати центром. Точити поверхню 10 з підрізкою торця 11. Точити поверхню 4. Точити поверхню 1. Точити фаску.	Патрон ГОСТ 2675-80 центр рухомий	Різець Т15К6 ДСТУГОСТ 18863-73 Свердло ø2 ДСТУГОСТ 14952-75 Свердло ø10 ДСТУГОСТ 14952-75 Свердло ø22 ДСТУГОСТ 14952-75 Різець Т15К6 ДСТУГОСТ 18863-73 Різець КР 9317-084 Т15К6 з переточкою Різець Т15К6 ДСТУГОСТ 18863-73 Штангенциркуль ШЦ-II -160-0,05 ДСТУГОСТ 166-80 Штангенглибиномір ШГ 160 ГОСТ 162-80 ШЦ-II -250-0,05 ДСТУГОСТ 166-80

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4
040	1. Токарна з ЧПК 2. Токарний з ЧПК Metal Master L 400 3. Точити поверхню 14 з відкруткою торця 13. Точити поверхню 3 з відкруткою торця. Точити елемент 24. Точити поверхню 1 в розмір $\varnothing 28,86$. Точити елемент 2. Точити фаску під нарізку різьби.	Патрон ГОСТ 2675-80 центр рухомий	Різець T15K6 ДСТУГОСТ 18863-73 Різець T15K6 ДСТУГОСТ 18863-73 Різець T15K6 СТП260-316-86 Різець T15K6 СТП260-316-86
	Точити поверхню 19. Точити елемент 26. Точити фаску. Нарізати різьбу. Переустановити деталь. Точити поверхню 10 з підрізкою торця 11. Точити елемент 23. Точити елемент 25, 2 канавки. Точити поверхню 4. Точити елемент 5. Точити поверхню 3 виконуючи радіус R0,5. Точити 2 фаски $0,6 \times 45^\circ$. Точити поверхню 1 в розмір 26,86. Точити елемент 27. Точити фаску під нарізання різьби. Нарізати різьбу.		Різець T15K6 СТП260-316-86 Різець T15K6 ДСТУГОСТ 18863-73 Різець T15K6 СТП260-316-86 ШЦ-П -160-0,05 ДСТУГОСТ 166-80 ШГ 160 ДСТУГОСТ 162-80 Шаблон СТП 260-009-86 Кільце 6g ДСТУГОСТ 17763-72
045	1. Фрезерна. 2 Haas VF 1 3. Фрезерувати поверхні 28, 29. Розвернути деталь. Фрезерувати поверхні 2, 30.	УДГ ГОСТ 8615-80	Фреза кінцева ДСТУГОСТ 3964-69 ШЦ-П -160-0,05 ДСТУГОСТ 166-80
055	1. Круглошліфувальна. 2. 3M150 3. Шліфувати поверхні 3, 19. Шліфувати поверхню 14, 8 з підшліфовкою торця 13. Переустановити деталь. Шліфувати поверхні 3. Шліфувати поверхню 10 з підшліфовкою торця 11.		Коло ПП600×60×305 25A40 ПСМ27K6 Мікрометр МР-50 Концеві міри З-Н11 ШГ 160 ДСТУГОСТ 162-80
060	1. Зубодовбальна. 2. 5140. 3. Довбати шліци	Оправка Кр 505-166	Довбун
070	1. Свердлувальна. 2. STERLITAMAK 400V 3. Центрувати отвір $\varnothing 5$. Свердлити отвір $\varnothing 5$. Зенкерувати отвір $\varnothing 5$. Центрувати 3 отвори $\varnothing 4$. Свердлити 3 отвори $\varnothing 4$.	Спеціальний пристрій	Свердло центрувальне ДСТУГОСТ 14952-75 Свердло $\varnothing 5$ ДСТУГОСТ 12121-71 Свердло $\varnothing 4$ ДСТУГОСТ 14952-75 ШЦ-П -160-0,05 ДСТУГОСТ 166-80
075	1. Свердлувальна. 2. STERLITAMAK 400V 3. Центрувати 4 отвори $\varnothing 5$. Свердлити 4 отвори $\varnothing 5$.	Спеціальний пристрій	Свердло $\varnothing 5$ ДСТУГОСТ 4010-77 ШЦ-П -160-0,05 ДСТУГОСТ 166-80

3.7 Розрахунок між операційних розмірів і припусків на обробку

3.7.1 Аналітичний розрахунок припусків на поверхню $\varnothing 30\text{к6}$

Розрахунок представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 3.5 – Припуски на обробку

Елемент поверхні деталі і маршрут її обробки	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $Z_{\min}$	Розрахунковий Мінімальний розмір, мм	Допуск на виготовлення T_d , мкм	Прийняті розміри по переходам, мм	
	R_z	h	Δ	ε				$d_{\max}$	$d_{\min}$
Прокат	200	400	448	–	15,6	55,002	620	55,4	39,5
Чорнове точіння	125	120	26,8	350	4	35,402	250	35,8	35,5
Напівчистове точіння	63	60	1,34	25	3,5	31,902	160	35,5	32
Чистове точіння	20	30	0,05	–	1,5	30,402	39	31,9	30,4
Шліфування	3,2	5	–	–	0,4	30,002	13	30,4	30,002

Вал встановлюється в центрах.

Сумарна похибка визначається за формулою:

$$\Delta \varepsilon_k = \Delta \kappa \cdot l \quad (3.22)$$

де $\Delta \kappa$ – кривизна профілю сортового прокату $\Delta \kappa = 1,5$;

l – довжина деталі $l = 248$ мм.

$$\Delta \varepsilon_k = 1,5 \cdot 248 = 372 \text{ мкм.}$$

Зміщення вісі заготовки в результаті похибки центрування:

$$\Delta u = 0,25\sqrt{T^2} + 1, \quad (3.23)$$

де T – допуск на діаметральний розмір заготовки, що використовується при центруванні, мм $T = 0,25$ мм.

$$\Delta u = 0,25\sqrt{0,25^2} + 1 = 0,25 \text{ мм}$$

Сумарне відхилення від прямолінійності:

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{\Delta \varepsilon_k^2 + \Delta u^2} \quad (3.24)$$

$$\Delta \varepsilon = \sqrt{372^2 + 250^2} = 448 \text{ мкм}$$

Для наступних операцій:

$$\Delta i = \Delta i_{-1} \cdot k_y \quad (3.25)$$

Для чорнового точіння:

$$\Delta_1 = 448 \cdot 0,06 = 26,88 \text{ мкм}$$

Для чорнового точіння:

$$\Delta_1 = 448 \cdot 0,06 = 26,88 \text{ мкм}$$

Для напівчистового точіння:

$$\Delta_2 = 26,88 \cdot 0,05 = 1,34 \text{ мкм}$$

Для чорнового точіння:

$$\Delta_1 = 448 \cdot 0,06 = 26,88 \text{ мкм}$$

Для напівчистового точіння:

$$\Delta_2 = 26,88 \cdot 0,05 = 1,34 \text{ мкм}$$

Для чистового точіння:

$$\Delta_3 = 1,34 \cdot 0,04 = 0,05 \text{ мкм}$$

Для шліфування:

$$\Delta_4 = 0,05 \cdot 0,03 = 0,0016 \text{ мкм}$$

Похибки встановлення на заготовку:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_{зк}^2} \quad (3.26)$$

де ε_δ – похибка базування, мкм;

$\varepsilon_{зк}$ – похибка закріплення заготовки, мкм.

При суміщенні технологічної та вимірювальної баз похибка базування $\varepsilon_\delta = 0$.

При базуванні в центрах похибка встановлення в радіальному порядку :

$$\varepsilon_y = 0,25T_z \quad (3.27)$$

де T_z – допуск на діаметральний розмір заготовки: $T_z = \begin{smallmatrix} +0,4 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$

$$\varepsilon_y = 0,25 \cdot 1,4 = 0,35 \text{ мм}$$

По максимальним граничним розмірам заготовки вибирають найближчі розміри прокату згідно стандарту на сортовий прокат.

Дійсний загальний припуск на обробку деталі:

$$2z_0 \min = D_{np} - D_o \min \quad (3.28)$$

де D_{np} – діаметр прокату по стандарту, мм;

$$2z_0 \min = 55,04 - 30,002 = 25,038 \text{ мм}$$

$$2z_0 \min = 2 \cdot 12,5 \text{ мм}$$

По максимальним розмірам заготовки вибирається діаметр прокату по ДСТУ 4738:2007. Діаметр прокату $\varnothing 55 \begin{smallmatrix} +0,4 \\ -1,0 \end{smallmatrix}$.

Дійсний загальний припуск на обробку поверхонь розбиваємо на переходи .

- 1) чорнове точіння – $19,6 = 5 \times 4$ мм;
- 2) напівчистове точіння – 3,5 мм;
- 3) чистове точіння – 1,5 мм;
- 4) шліфування – 0,4 мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ЛТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

3.8 Розрахунок міжопераційних лінійних розмірів

Таблиця 3.6 – Розрахунок міжопераційних розмірів

№ поверх- ні	Послідовність обробки	Шорсткість, <i>Ra</i>	Точність, <i>IT</i>	Допуск, <i>T</i>	Припуск , <i>t</i>	Позначення припуску
А	Заготовка	50	14	2,0	1,2	Z_1
	1. Точіння чорнове	25	12	1,0	2	Z_2
	2. Точіння н/чистове	2,5	12	0,5		
В	Заготовка	50	14	0,5		
	1. Точіння чорнове	25	12	0,5	2	Z_3
	2. Точіння н/чистове	2,5	12	0,4	2	Z_4
С	Заготовка	50	14	0,5	2	Z_5
	1. Точіння чорнове	25	12	0,5	1	Z_6
	2. Точіння н/чистове.	3,2	11	0,1	0,8	Z_7
	3. Точіння чистове	2,5	9	0,1	0,5	Z_8
	4. Шліфування.	1,6	9	0,1		
Д	Заготовка	50	14	0,5	2	Z_{12}
	1. Точіння чорнове	25	12	0,5	1	Z_{11}
	2. Точіння н/чистове	3,2	11	0,1	0,8	Z_{10}
	3. Точіння чистове	2,5	9	0,1	0,5	Z_9
	4. Шліфування	1,6	9	0,1		
Е	Заготовка	50	14	2,0	1,2	Z_{14}
	1. Точіння чорнове	25	12	1,0	2	Z_{13}
	2. Точіння н/чистове	2,5	12	0,5		

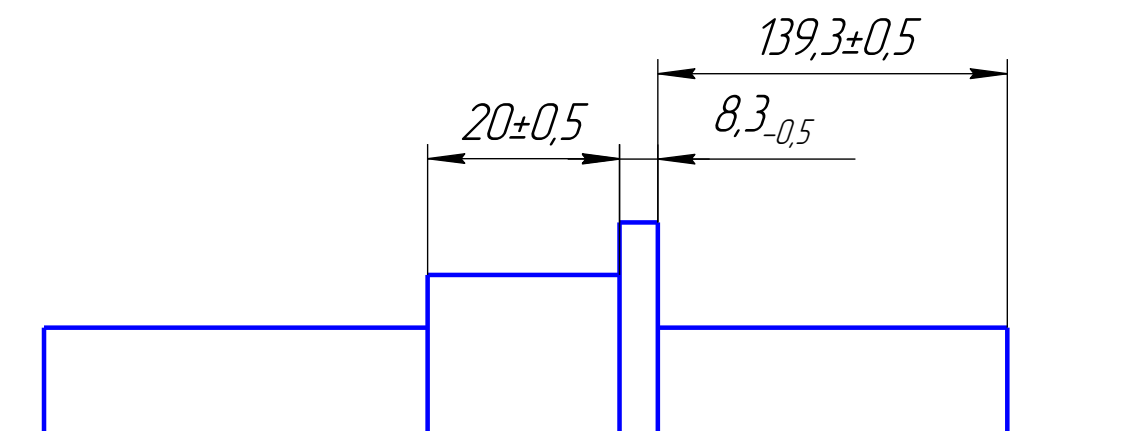


Рисунок 3.10 – Уточнене креслення заготовки

3.9 Розрахунок і вибір режимів різання, нормування технологічних операцій

Режими різання розраховуємо на обробку поверхні $\varnothing 30_{\text{к6}}$ $Ra_{0,8}$.

Поверхня $\varnothing 30_{\text{к6}}$ оброблюється в наступному порядку:

- чорнове точіння $t = 19,6$ (5×4) мм;
- напівчистове точіння $t = 3$ мм;
- чистове точіння $t = 1,5$ мм;
- шліфування $t = 0,4$ мм.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Подача при чорновому точінні різцями з пластинами із твердого сплаву, розмір державки 16×25:

$$S = 0,6 \text{ мм/об.}$$

Подача при напівчистовому точінні з радіусом при верхівці різця $r = 0,4$ мм:

$$S = 0,1 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання при чорновому точінні:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.29)$$

де $C_v = 350$

$$x = 0,15$$

$$y = 0,35$$

$$m = 0,2$$

T – стійкість інструменту, $T = 90 \text{ хв.}$

$$K_v = K_{\mu v} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (3.30)$$

де $K_{\mu v}$ – коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу на заготовку:

$$K_{\mu v} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{nv}, \quad (3.31)$$

де K_r – для сталі $K_r = 0,8$;

n_v – для хромонікелемолібденової сталі $n_v = 1$;

$$\sigma_B = 835 \text{ МПа}$$

$$K_{\mu v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{835} \right)^1 = 0,71$$

$$K_{nv} = 0,9$$

$$K_{uv} = 1$$

$$K_v = 0,71 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,65$$

Для чорнового точіння:

$$V = \frac{350}{90^{0,2} \cdot 4^{0,15} \cdot 0,6^{0,35}} \cdot 0,65 = 102,9 \text{ м/хв.}$$

Для напівчистового точіння:

$$V = \frac{420}{90^{0,2} \cdot 3,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,2}} \cdot 0,65 = 130,036 \text{ м/хв.}$$

Для чистового точіння:

$$V = \frac{340}{90^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,1^{0,45}} \cdot 0,65 = 265,58 \text{ м/хв.}$$

Сила різання для чорнового точіння:

$$P_{zyx} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.32)$$

де $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p}, \quad (3.33)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де $K_{\varphi p} = 0,89$, для $\varphi = 90^0$

$K_{\gamma p} = 1$, для $\gamma = 10^0$

$K_{\lambda p} = 1$, для $\lambda = 5^0$

$$P_{зух} = 10 \cdot 300 \cdot 4^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 102,9^{-0,15} \cdot 0,89 = 3640,4 \text{ Н}$$

Для сили різання P_y

$$C_p = 243$$

$$x = 0,9$$

$$y = 0,6$$

$$n = -0,3$$

$$K_{\varphi p} = 0,5$$

$$K_{\gamma p} = 1$$

$$K_{\lambda p} = 1,25$$

$$K_p = 0,5 \cdot 1 \cdot 1,25 = 0,625$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,6^{0,6} \cdot 102,9^{-0,3} \cdot 0,625 = 771,64 \text{ Н}$$

Для сили різання P_x

$$C_p = 339$$

$$x = 1$$

$$y = 0,5$$

$$n = -0,4$$

$$K_{\varphi p} = 1,17$$

$$K_{\gamma p} = 1$$

$$K_{\lambda p} = 0,85$$

$$K_p = 1,17 \cdot 1 \cdot 0,85 = 0,99$$

$$P_y = 10 \cdot 339 \cdot 4^{1,0} \cdot 0,6^{0,5} \cdot 102,9^{-0,4} \cdot 0,99 = 939,7 \text{ Н}$$

Так як для чорнового точіння сила різання буде максимальною, то по ній вибираємо потужність різання.
$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (3.34)$$

$$N = \frac{3640,4 \cdot 102,9}{1020 \cdot 60} = 6,12 \text{ кВт}$$

Вибираємо для токарних операцій верстат Токарний INDUSTRIE 2000/250 HD, так як його потужність $N = 11 \text{ кВт}$.

Вибираємо режими різання для шліфування:

швидкість кола: $V_k = 30 - 35 \text{ м/с}$;

швидкість заготовки: $V_s = 30 \text{ м/хв.}$;

глибина шліфування: $0,4 \text{ мм}$;

радіальна подача: $S_p = 0,0025 \text{ мм/об.}$;

Ефективна потужність при врізному шліфуванні:

$$N = C_N \cdot V_s^r \cdot S_p^y \cdot d^q \cdot b^z, \quad (3.35)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

де d – діаметр шліфування $d = 30$ мм;

b – ширина шліфування $b = 20$ мм;

C_N – при твердості шліфувального кола $CM1$, зернистості 50;

$r = 0,8$;

$x = 0,8$;

$q = 0,2$;

$z = 1$.

$$N = 0,14 \cdot 30^{0,8} \cdot 0,0025 \cdot 30^{0,2} \cdot 20^{1,0} = 0,19 \text{ кВт}$$

Основний час для обробки поверхні $\varnothing 30$ к6:

для чорнового точіння:

$$T_0 = \frac{L_{px}}{S_0 \cdot n}, \quad (3.36)$$

де L_{px} – довжина робочого ходу шпинделя: $L_{px} = 60$ мм.;

n – частота обертання шпинделя:

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (3.37)$$

$$n_{\text{черн}} = \frac{1000 \cdot 102,9}{3,14 \cdot 30} = 1082,8 \text{ об/хв.}$$

$$T_{\text{черн}} = \frac{60}{0,6 \cdot 1082,8} = 0,092 \text{ хв.}$$

$$n_{\text{н/чист}} = \frac{1000 \cdot 130,036}{3,14 \cdot 30} = 1380,42 \text{ об/хв.}$$

$$T_{\text{н/чист}} = \frac{60}{0,3 \cdot 1380,42} = 0,14 \text{ хв.}$$

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 265,58}{3,14 \cdot 30} = 1600 \text{ об/хв.}$$

$$T_{\text{чист}} = \frac{60}{0,1 \cdot 1600} = 0,4 \text{ хв.}$$

Час на технічне обслуговування верстату 16К20:

$$\begin{aligned} T_{\text{Тоб}} &= 25\% T_0, \\ T_{\text{Тоб}} &= 25\% \cdot 0,63 = 0,1575 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (3.36)$$

Час на інші потреби складають $1,4\% T_0 = 0,009$ хв.

$$\begin{aligned} T_{\text{фн}} + T_{\text{Тоб}} + T_{\text{одт}} &= 4,6\% T_0, \\ T_{\text{фн}} + T_{\text{Тоб}} + T_{\text{одт}} &= 0,02 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (3.37)$$

Штучний час:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{с}} + T_{\text{то}} + T_{\text{он}}, \quad (3.38)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$T_{шт} = 0,63 + 0,02 + 0,2 = 0,852 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (3.39)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заклучний час на підготовку верстату до роботи, отримання інструменту, зняття пробної стружки.

$$T_{пз} = 25 \text{ хв.}$$

n – розмір партії: 50 шт.

$$T_{шт.к} = 0,852 + \frac{25}{50} = 1,352 \text{ хв.}$$

Для шліфування:

$$T_0 = \frac{1,3(a - a_{вих})}{S_m} + t_{вих}, \quad (3.40)$$

де $t_{вих}$ – час виходжування: $t_{вих} = 0,1$ хв.;

a – загальний припуск на сторону: $a = 0,2$;

$a_{вих}$ – шар, що знімається на етапі виходжування: $0,01$;

S_m – хвилинна подача при ручному циклі:

$$S_m = S_{м.табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.41)$$

де S_m – табличне значення $S_m = 2,2$ мм/хв.;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від обробляє мого матеріалу та швидкості кола – $1,0$ (для загартованої сталі при $V_k = 30$ м/с.);

K_2 – залежить від припуску та точності – $0,75$;

K_3 – залежить від діаметра кола, кількості кіл та характеру поверхні – $0,8$.

$$S_m = 2,2 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 0,8 = 1,32 \text{ мм/хв.}$$

$$T_0 = \frac{1,3(0,2 - 0,01)}{1,32} + 0,1 = 0,287 \text{ хв.}$$

Режими різання по операціям представимо в таблиці 3.7.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.03.ПТП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для того, щоб вибрати оптимальний технологічний процес обробки деталей, необхідно обробки заготовки на різних верстатах, наприклад з ЧПК та без ЧПК.

Для свердління отворів на операції 075 свердлильна, можна застосувати 2 верстати: 2E440A та фрезерний з ЧПК STERLITAMAK 400V

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку економічного ефекту

Дані		Базовий 2E440A	Новий STERLIT AMAK 400V
1		2	3
Річний обсяг випуску деталей, шт.		5000	5000
Кількість запусків, шт.		12	12
Тривалість випуску деталей, років		3	3
Штучний час обробки деталі, $T_{шт}$, год.		0,75	0,34
Час наладки верстату, T_H , хв.		125	60,5
Розряд	Контролер	5	5
	Верстатник	3	2
	Налагоджувальник	3	5
	Настройка інструменту	—	4
Кількість кадрів програм, шт.		—	120
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.		21	21
Середній час настройки по приладу одного інструменту поза верстатом, хв.		—	4
Середній період стійкості інструменту, хв.		—	60
Середня кількість граней інструменту		—	3
Коефіцієнт, який враховує питому вагу основного часу в штучному, k_v		—	0,8
Вартість 1 кадру ПК, грн.		—	0,29
Середнього динна зарплата, грн.	Верстатник, $H_{ст}$	1,2	0,7
	Налагоджувальник, $H_{нал}$	0,8	0,9
	Настройщик інструменту, $H_{ін}$	—	0,7
	контролер	0,7	0,7

					КНУ.КБР.131.25.1-20.04.ТЕО		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Хижняков			ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВАРІАНТІВ МАРШРУТУ ТЕХНОЛОГІЧНОГО	Літ.	Арк.
Перевір.		Цивінда					Аркушів
						Каф.ТМ,гр. ПМ-21	
Н. Контр.		Нечаєв					
Затв.		Рязанцев					

Продовження таблиці 4.1

Клас точності верстата		Н	П
Маса верстата, т		3,005	4,7
1		2	3
Габарити верстата		2,44×2,195	1,8×2,17
Габарити пристрою ЧПК, кг.		–	1,19×1,19
Строк служби верстата до ремонту, Т _{р.ц.} років		9,5	10
Категорія складності ремонту ЕРС	Механічної частини	12	11
	Електротехнічної частини	9,5	22
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий		1	2
Оптова ціна верстату, ц, грн.		4050	26800
Коефіцієнт завантаження верстату, η_z		0,75	0,95
Площа верстату по габаритам, А, м ²		5,36	3,9
Площа ЧПК, А _у , м ²		–	1,42
Затрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.	Механічної частини, Н _м	30,1	30,3
	Електротехнічної частини, Н _е	7,4	7,7
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт УЧПК, Q, грн.		–	860
Коефіцієнт, що враховує клас точності верстату, μ		1	1,2
Коефіцієнт, що враховує додаткову масу верстату, γ		4,5	4
Ефективний річний фонд часу роботи верстату, год.		4055	3955
Вартість 1м ² площі механічного цеху, Ц _{пл}		595	595
Вартість 1м ² площі, зайнятої службово-побутовими приміщеннями, Ц _{сл.пр} , грн.		625	625
Площа службово-побутових приміщень на одного робітника, А _б , м ²		7	7

Річний економічний ефект визначається різницею річних приведених витрат по базовому та новому варіантам.

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{Z}_1 - \mathcal{Z}_2, \quad (4.1.)$$

де $\mathcal{Z}_1$ – приведені витрати споживача при використанні базового верстату, грн.;

$\mathcal{Z}_2$ – приведені витрати споживача при використанні верстату з ЧПК, грн.;

$$\mathcal{Z}_1 = C_1 + E_n \cdot K_1, \quad (4.2.)$$

$$\mathcal{Z}_2 = C_2 + E_n \cdot K_2, \quad (4.3.)$$

де C_1 – собівартість по базовому варіанту;

C_2 – собівартість по новому варіанту;

					КНУ.КБР.131.25.1-20.04.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_1, K_2 – капітальні вкладення споживача при використанні базового та нового верстатів;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$.

Строк окупності додаткових капітальних вкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2}, \quad (4.4.)$$

Таблиця 4.2 – Розрахунок допоміжних показників.

Розрахункові величини	Формула	Базовий	Новий
Час обробки деталі протягом року, $T'_{шт}$, год.	$T'_{шт} = \frac{T_{шт} \cdot N}{60}$	$\frac{0,75 \cdot 5000}{60} = 62,5$	$\frac{0,34 \cdot 5000}{60} = 28,3$
Час наладки верстату протягом року T'_n , год.	$T'_n = \frac{T_n \cdot j}{60}$	$\frac{125 \cdot 12}{60} = 25$	$\frac{60,5 \cdot 12}{60} = 12,1$
Час наладки інструменту поза верстатом, протягом року, $T'_{н.ін.}$, год.	$T'_{н.ін.} = \frac{1,3t_{ин} \cdot T_{шт}}{T \cdot \eta^2}$	—	$\frac{1,3 \cdot 4 \cdot 305 \cdot 0,8}{60 \cdot 3} = 7,04$
Час контролю деталей протягом року, T_k , год.	$T_k = \kappa \cdot t_{шт}$	$0,083 \cdot 2983 = 247$	$0,2 \cdot 247 = 49$
Кількість верстатників, $P_{ст}$, чол.	$P_{ст} = \frac{T_{шт}}{1860 \cdot d}$	$\frac{62,5}{1860 \cdot 1} = 2,02$	$\frac{28,3}{1860 \cdot 2} = 0,46$
Кількість налагоджувальників, P_n , чол.	$P_n = \frac{T'_u}{1860}$	$\frac{25}{1860} = 0,013$	$\frac{12,1}{1860} = 0,006$
Кількість налагоджувальників інструменту, $P_{н.ін.}$, чол.	$P_{н.ін.} = \frac{T_{н.ін.}}{1860}$	—	$\frac{7,04}{1860} = 0,004$
Кількість контролерів, P_k , чол.	$P_k = \frac{T_k}{1860}$	$\frac{247}{1860} = 0,132$	$\frac{49}{1860} = 0,026$
Додаткова кількість робітників на річну програму випуску, чол.	$P_{дод} = \frac{0,5 \cdot (T_{шт} + T'_u)}{\Phi_{об} \cdot \eta_3}$	—	$\frac{0,5 \cdot (0,34 + 12,1)}{3955 \cdot 0,95} = 0,004$

Продовження таблиці 4.2

Загальна кількість робітників на річну програму випуску, чол.	$P_0 = P_{ct} + P_u + P_{н.ін} + P_k + P_{доо}$	$2,02 + 0,013 + 0,132 = 2,165$	$0,46 + 0,006 + 0,004 + 0,026 + 0,004 = 0,5$
Доля завантаження верстату обробкою деталі в обсязі річного випуску, β	$\beta = \frac{T_{шт} + T_u}{\Phi_{об} \cdot \eta_z}$	$\frac{0,75 + 25}{4055 \cdot 0,75} = 0,023$	$\frac{0,34 + 12,1}{4055 \cdot 0,95} = 0,0053$

Таблиця 4.3 – Розрахунок капітальних вкладень

Показник	Формула	Базовий	Новий
Балансова вартість обладнання K_6 , грн.	$K_6 = Ц \cdot \lambda \cdot \beta$	$4055 \cdot 1,1 \cdot 0,98 = 4366$	$26800 \cdot 1,1 \cdot 0,4 = 11792$
Вартість приміщення, зайнятого обладнанням, $K_{зд}$, грн.	$K_{зд} = Ц_{пл.зд} \times (A + A_y) \cdot \gamma \cdot \beta$	$5,95 \cdot 5,36 \cdot 4,5 \cdot 0,98 = 140,6$	$5,95 \cdot 3,9 \cdot 4 \cdot 0,4 = 50,6$
Витрати на розробку ПП, $K_{пп}$, грн.	—	8,7	34,8
Всього капітальних вкладень, K , грн.	$K = K_6 + K_{зд} + K_{пп}$	$4366 + 140,6 + 8,7 = 4515,3$	$11792 + 50,6 + 34,8 = 11877,4$

Таблиця 4.4 – Розрахунок собівартості обробки.

Дані	Формула	Базовий	Новий
1	2	3	4
Заробітна плата робочого, H_z , грн.	$H_z = \frac{H_e \cdot T_{шт}}{d}$	$\frac{0,8 \cdot 62,5}{1} = 50$	$\frac{0,7 \cdot 28,3}{2} = 9,9$
Заробітна плата наладжувальника, H_n , грн.	$H_n = H_i \cdot T_u$	$0,8 \cdot 25 = 20$	$0,9 \cdot 12,1 = 10,89$

Продовження таблиці 4.4

Заробітна плата наладжувальника інструменту поза верстатом, H_{in} , грн.	$H_{in} = H_{in} \cdot H_{n.in}$	—	$0,8 \cdot 7,04 = 5,6$
Заробітна плата контролера, H_k , грн.	$H_k = 0,7 \cdot T_k$	$0,7 \cdot 247 = 172,9$	$0,7 \cdot 49 = 34,3$
Витрати на підготовку та відновлення ПП, $H_{пп}$, грн.	$H_{пп} = \frac{1,1 \cdot 8,7}{3} = 3,19$	$\frac{1,1 \cdot 8,7}{3} = 3,19$	$\frac{1,1 \cdot 34,8}{3} = 12,76$
Амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання, H_a , грн.	$H_a = K_{\phi} \cdot A$	$4366 \cdot 0,053 = 231,39$	$11792 \cdot 0,053 = 624,9$
Витрати на утримання приміщення, займаємого верстатами, $H_{пл}$, грн.	$H_{пл} = H_{пл} \cdot (A + A_y) \times \lambda \cdot \beta$	$18 \cdot 3,32 \cdot 1,1 \cdot 0,98 = 64,42$	$42,16 \cdot 1,1 \cdot 0,4 = 56,7$
Витрати на амортизацію та утримання службово-побутових приміщень, $H_{сл}$, грн.	$H_{сл} = H_{пл} \cdot A_{\phi} \cdot P_0$	$18 \cdot 7 \cdot 1,745 = 219,87$	$18 \cdot 7 \cdot 0,656 = 82,656$
Витрати на ремонт та ТО обладнання, H_p , грн.	$H_p = (H_m \cdot R_m + H_{\phi} \cdot R_{\phi}) \cdot \mu \cdot \beta$	$(12 \cdot 30,1 + 9,5 \cdot 7,4) \times 1 \cdot 0,98 = 422,8$	$(11 \cdot 30,3 + 22 \cdot 7,7) \times 1 \cdot 0,4 = 201,08$
Витрати на ТО та ремонт пристрою ЧПК, H_y , грн.	$H_y = Q \cdot \beta$	—	$860 \cdot 0,4 = 344$
Загальна собівартість виробу, C , грн.		3520,27	1918,38

Приведені витрати визначимо за формулою 4.2. і 47.3.

$$Z_1 = 3520,27 + 0,15 \cdot 4515,3 = 4197,6 \text{ грн.}$$

$$Z_2 = 1918,38 + 0,15 \cdot 11877,4 = 3699,99 \text{ грн.}$$

Розраховуємо строк окупності виробу за формулою 7.4.

$$T_{ок} = \frac{11877 - 4515}{3520,27 - 1918,38} = 4,6 \text{ років}$$

Річний економічний ефект від впровадження верстату з ЧПК визначимо за формулою 4.1.

$$\mathcal{E}_p = 4197,6 - 3699,99 = 497,7$$

Таким чином при наявності позитивного річного економічного ефекту та строку окупності 4,6 років, перехід зі звичайних верстатів на верстати з ЧПК є економічно вигідно.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.04.ТЕО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ ОПЕРАЦІЇ НА ВЕРСТАТІ З ЧПК

Тип верстату – вертикально – свердлильний STERLITAMAK 400V .
Дискретність по всім вісям – 0,01 мм.

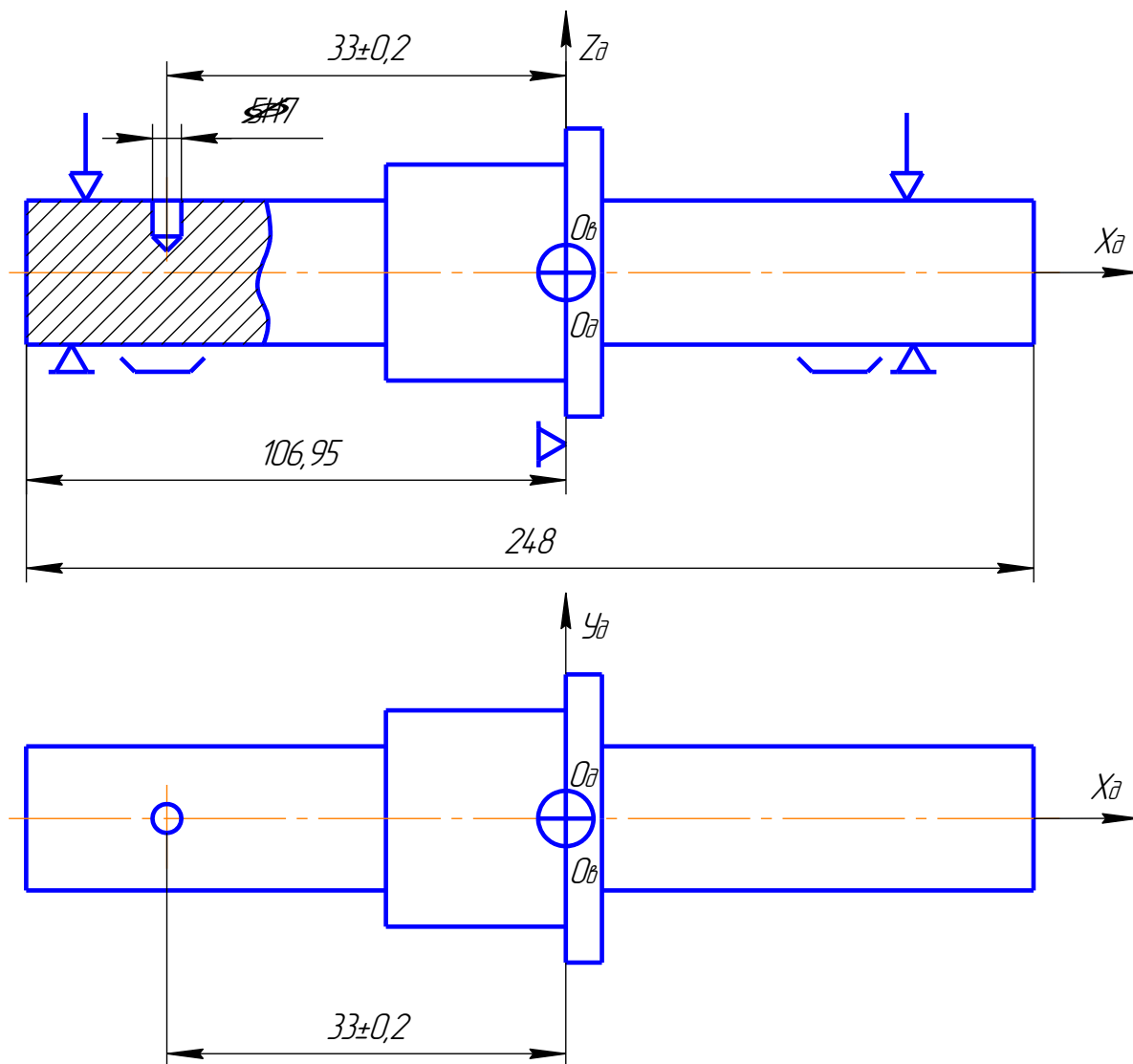


Рисунок 5.1 – Схема координування отвору на верстаті з ЧПУ

					КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РОЗРОБКА ВЕРСТАТНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО НАЛАГОДЖЕННЯ		
Розроб.	Хижняков						
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев				Каф.ТМ,гр. ПМ-21		

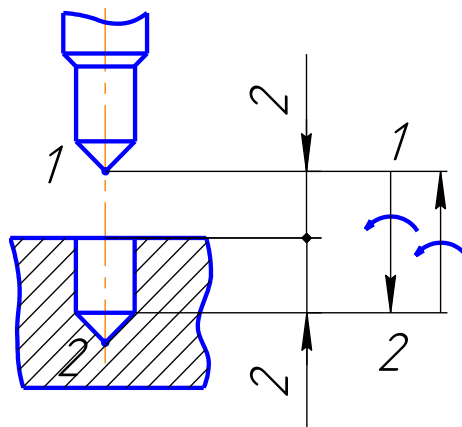


Рисунок 5. 2 – Схема центрування отвору

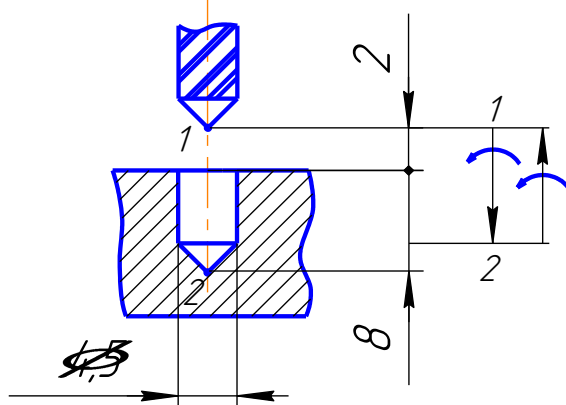


Рисунок 5.3 – Схема свердління отвору

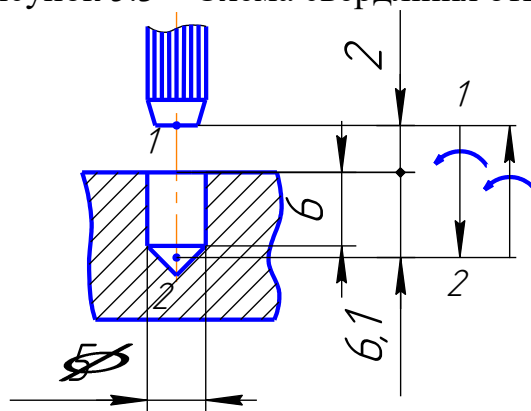


Рисунок 5.4 – Схема зенкерування отвору

Таблиця 5.1 – Режими різання для ділянок траєкторії

Найменування переходу	Інструмент	Схема	Ділянка траєкторії	Подача S, мм/об	Частота обертання п, об/хв
1	2	3	4	5	6
Центрування	T01	рис 5.2	1-2	0,07	350

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
Свердлування	T02	Рис 5.3	1-2	0,28	710
Зенкерування	T03	Рис 5.4	1-2	0,1	125

Програмування свердлильної операції виконується за спрощеною схемою, коли використовується можливість по зміщенню поля верстата в поле деталі і вводиться корекція на виліт інструмента в період налагодження верстата.

При налагодженні верстата виліт кожного інструмента вводиться (зі зворотнім знаком) в коректор цього інструмента.

Керуюча програма для свердлильної операції 070

№1 G60 G80 T01 L01LF – грубе позиційне включення шпинделя

№2 F25 S350 M06LF – з даними режимами

№3 G59 X-3340LF – пошук отворів

№4 G81 t-5LF - центрування

№5 G80 T02L02LF – заміна інструмента

№6 F200S710M06LF – режими різання свердління

№7 X-33y0M08LF – пошук отвору охолодження

№8 G81 Z-10LF – свердління

№9 G89 N03L03LF – заміна інструмента

№10 F50S125M08LF – режими різання зенкерування

№11 X-33y0M08LF – пошук отвору

№12 G89Z-8.1LF – зенкерування

№13 G00X0y0Z560M00LF – відведення шпинделя в «0» точку

Програмування обробки деталі «Вал» з використанням САМ системи
FeatureCAM

3D модель деталі наведена на рисунку 5.5

					КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

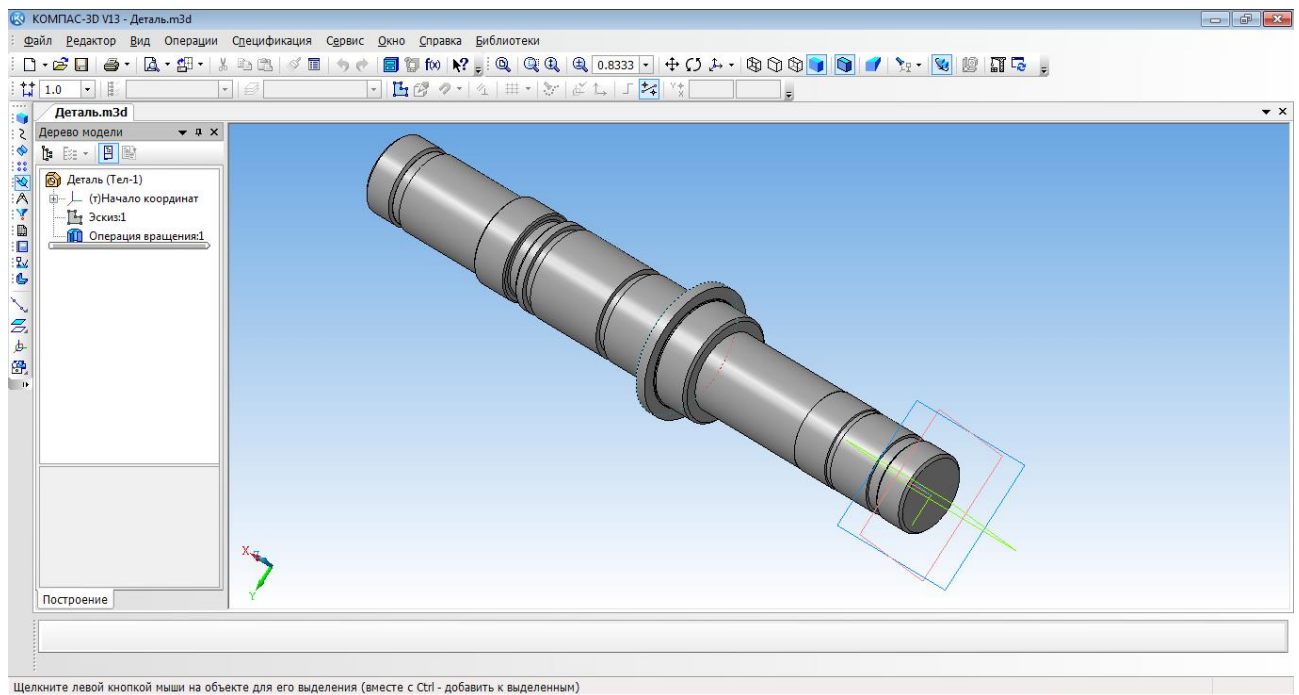


Рисунок 5.5 – Трьохвимірна модель

Таблиця 5.2 – Вибрані операції для програмування

№	Найменування операції	Тип та модель верстата
1	2	4
035	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК MetalMaster L 400
040	Токарна з ЧПК	Токарний з ЧПК MetalMaster L 400
045	Фрезерна з ЧПК	Фрезерний з ЧПК HAAS VF 1

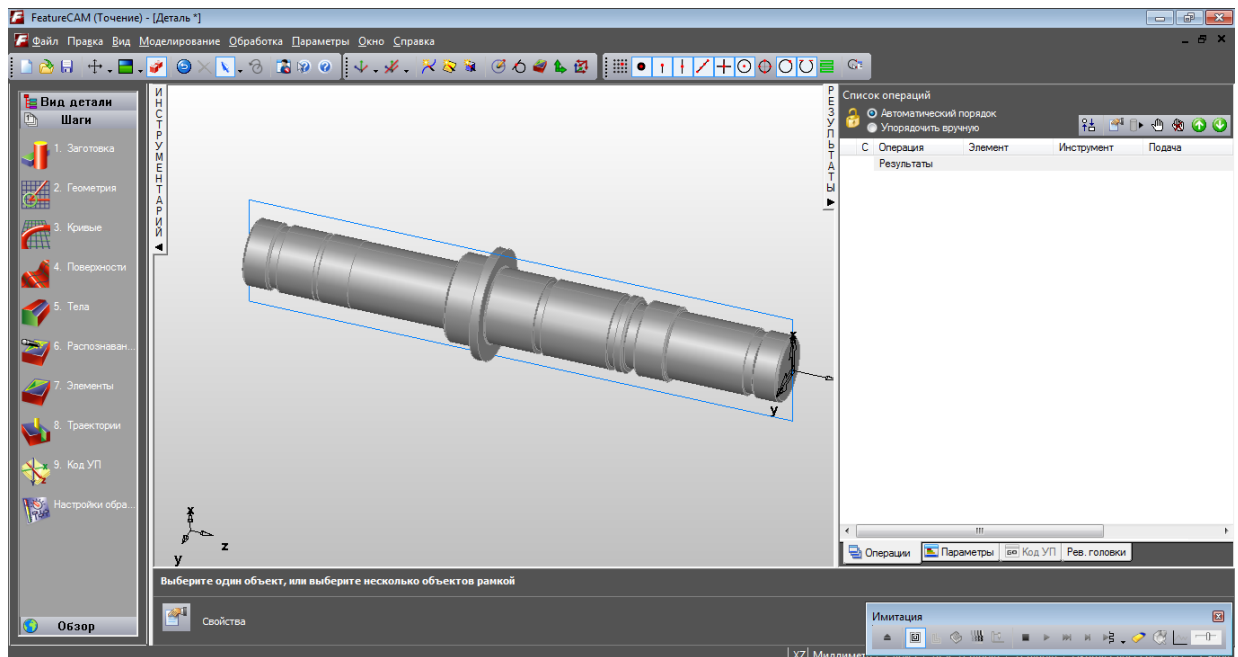


Рисунок 5.6 – Імпортована модель

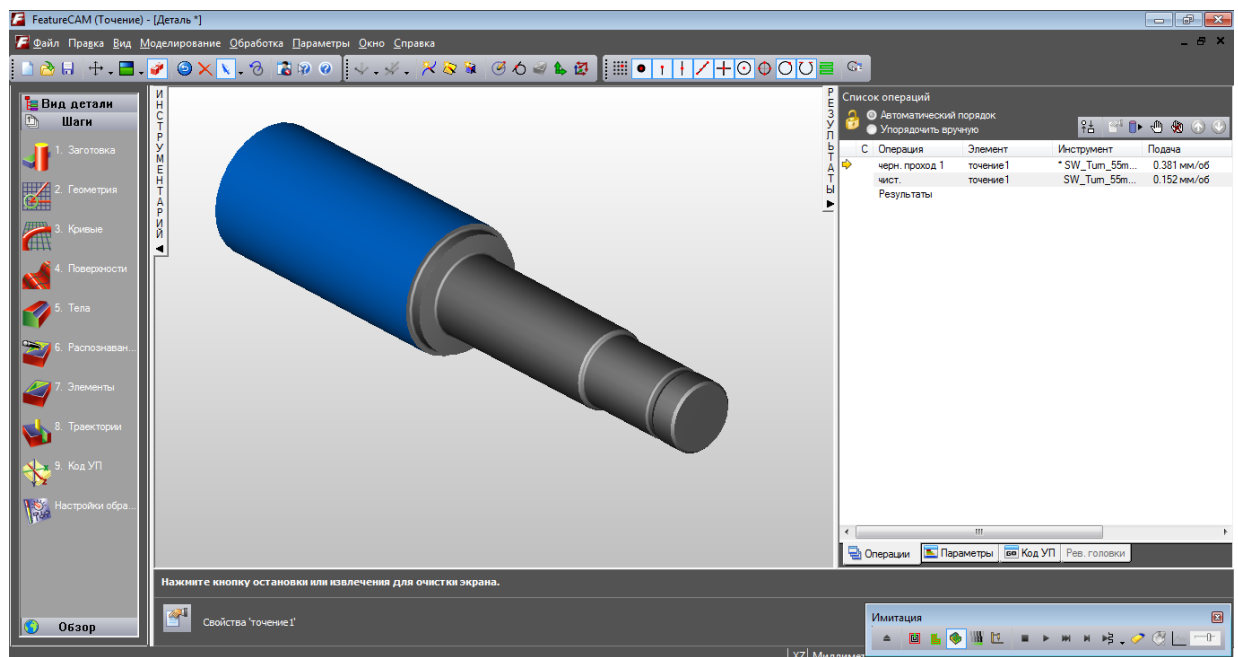


Рисунок 5.7 – Обработка на первом установе

					КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

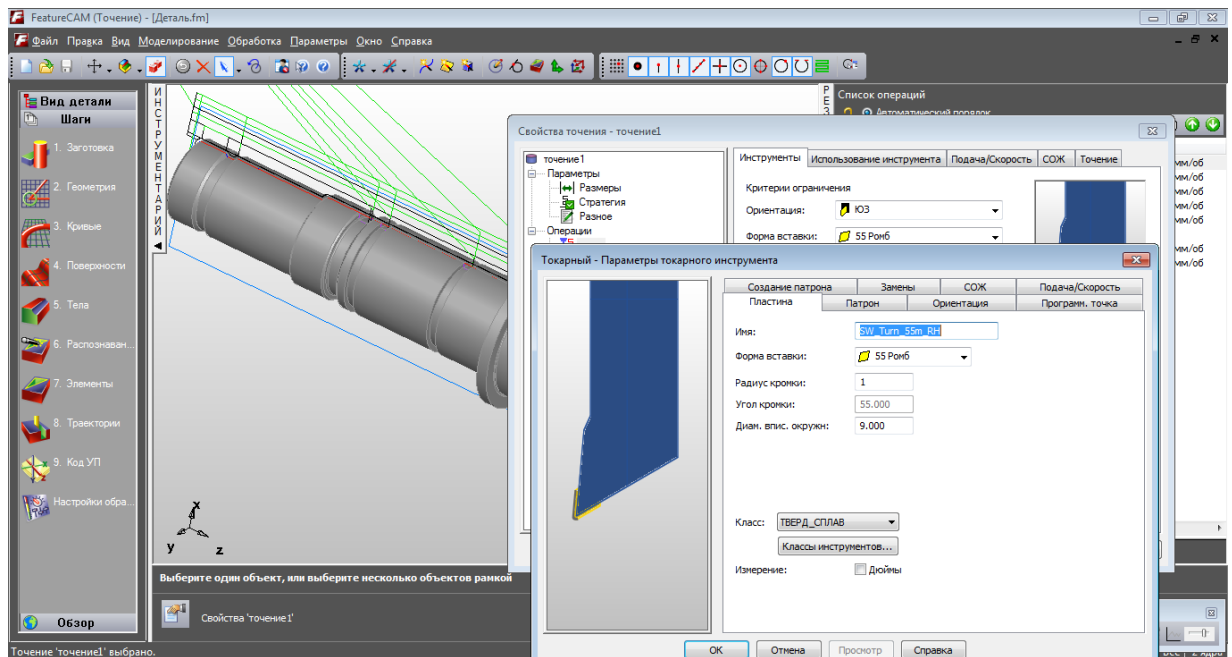


Рисунок 5.9 – Меню выбору інструменту

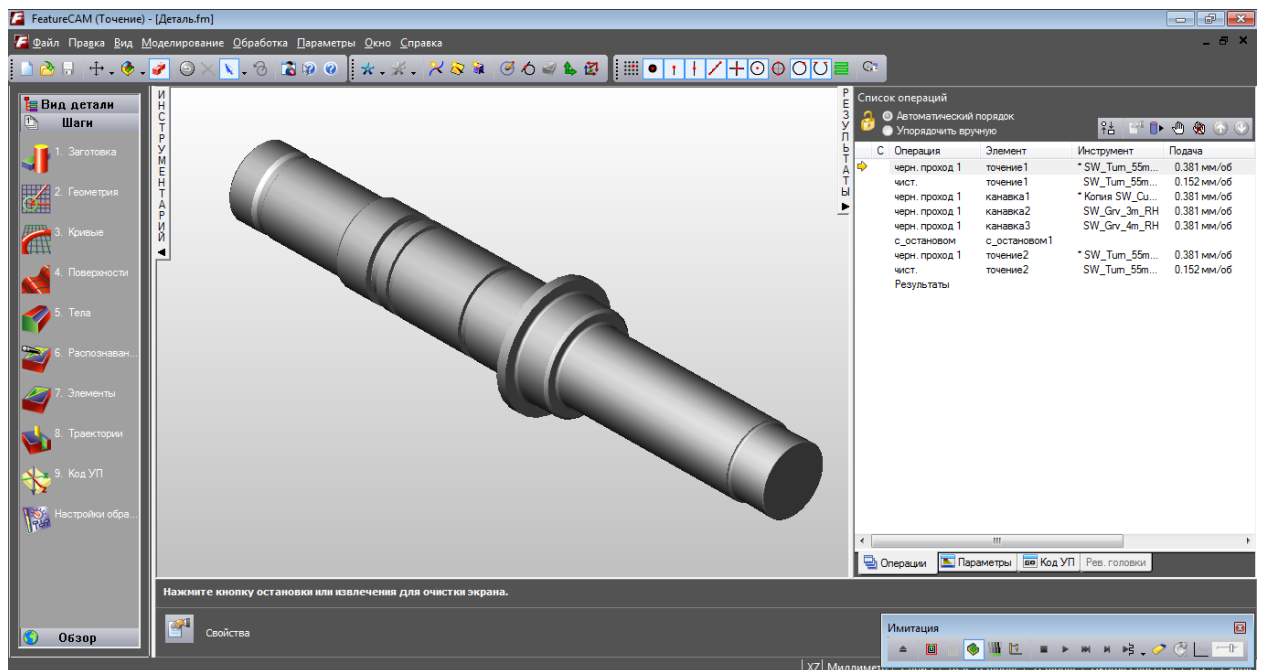


Рисунок 5.10 – Обработана деталь на токарному верстаті

Підготовлена програма для виконання обробки на токарному верстаті MetalMaster L 400 наведена нижче.

```
%
ОДеталь ( FILENAME = Деталь)
N20 G21 G40
N25 G28 U0
N30 G28 W0
( OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1
)
N40 T101
N400 G28 U0
N405 G28 W125.0
( OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER
КАНАВКА3 )
N415 T404
N420 G50 S3000
N425 G96 S136 M4
N430 G0 X40.0 Z-72.1 M8
```

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІН

Арк.

N45 G50 S3000	N435 G1 X28.2 F0.
N50 G96 S136 M4	N440 G0 X40.0
N55 G0 X50.2 Z1.0 M8	N445 Z-72.9
N60 G42 G1 Z-2.0 F0.	N450 G1 X28.2
N65 Z-141.0	N455 G0 X60.6
N70 G40 X61.0	N460 G28 U0
N75 G0 Z1.0	N465 G28 W125.0
N80 G42 G1 X40.2	(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ2
N85 Z-136.598	)
N90 X50.012 Z-136.9	N475 T101
N95 G3 X50.2 Z-137.0 R0.1	N480 G50 S3000
N100 G40 G1 X56.2	N485 G96 S136 M4
N105 G0 Z1.0	N490 G0 X47.6 Z1.707 M8
N110 G42 G1 X30.2	N495 G1 Z-111.051 F0.
N115 Z-53.435	N500 X55.0
N120 X32.38 Z-53.909	N505 X55.707 Z-110.698
N125 G3 X32.441 Z-53.93 R0.1	N510 G0 Z1.707
N130 G1 X33.641 Z-54.53	N515 G1 X40.2
N135 G3 X33.7 Z-54.6 R0.1	N520 Z-111.051
N140 G1 X34.199 Z-136.414	N525 X47.6
N145 X40.2 Z-136.598	N530 X48.307 Z-110.698
N150 G40 X46.2	N535 G0 Z1.707
N155 G0 Z-3.0	N540 G1 X30.2
N160 G42 G1 X30.2	N545 Z-97.051
N165 Z-13.0	N550 X36.0
N170 G3 X30.173 Z-13.05 R0.1	N555 G3 X37.556 Z-97.374 R1.1
N175 G1 X28.16 Z-14.793	N560 G1 X39.556 Z-98.374
N180 X28.005 Z-17.9	N565 G3 X40.2 Z-99.151 R1.1
N185 X30.0	N570 G1 X40.907 Z-98.798
N190 G3 X30.2 Z-18.0 R0.1	N575 G0 Z1.707
N195 G1 Z-53.435	N580 G1 X27.697
N200 G40 X36.2	N585 Z-2.293
N205 G0 X63.0 Z-18.0	N590 X29.556 Z-3.222
(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1	N595 G3 X30.2 Z-4.001 R1.1
)	N600 G1 X30.183 Z-14.021
N215 G0 Z0.5	N605 G3 X29.888 Z-14.57 R1.1
N220 G50 S3000	N610 G1 X28.126 Z-16.095
N225 G96 S198	N615 X28.036 Z-17.92
N230 G0 X63.0 Z0.5 M8	N620 G3 X30.181 Z-19.02 R1.1
N235 X-5.196 Z-0.5	N625 G1 X30.2 Z-97.051
N240 G42 G1 X0. Z-2.0 F0.	N630 X30.907 Z-96.698
N245 X28.0	N635 G0 X61.0
N250 X30.0 Z-3.0	(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ2
N255 Z-53.501	)
N260 X32.3 Z-54.001	N645 G0 Z-1.032
N265 X33.5 Z-54.601	N650 G50 S3000
N270 X34.0 Z-136.508	N655 G96 S198
N275 X50.0 Z-137.0	N660 G0 X61.0 Z-1.032 M8
N280 Z-141.0	N665 X-9.227
N285 G40 X56.0	N670 G1 X-2.0 Z-2.0 F0.
N290 G0 X63.0	N675 X26.0
N295 G28 U0	N680 G3 X27.414 Z-2.293 R1.0
N300 G28 W125.0	N685 G1 X29.414 Z-3.293
(OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER	N690 G3 X30.0 Z-4.001 R1.0
КАНАВКА1)	N695 G1 X29.983 Z-14.021
N310 T202	N700 G3 X29.715 Z-14.52 R1.0
N315 G50 S3000	N705 G1 X27.928 Z-16.067
N320 G96 S136 M4	N710 X27.824 Z-18.153
N325 G0 X40.0 Z-79.95 M8	N715 X29.97 Z25.137
N330 G1 X30.2 F0.	N720 Z25.139
N335 G0 X60.6	N725 X30.0 Z-97.151
N340 G28 U0	N730 X36.0

					КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

```

N345 G28 W125.0
( OPERATION: ROUGH GROOVE: OUTER
КАНАВКА2 )
N355 T303
N360 G50 S3000
N365 G96 S136 M4
N370 G0 X40.0 Z-114.09 M8
N375 G1 X30.2 F0.
N380 G0 X40.0
N385 Z-114.49
N390 G1 X30.2
N395 G0 X60.6

N735 G3 X37.414 Z-97.444 R1.0
N740 G1 X39.414 Z-98.444
N745 G3 X40.0 Z-99.151 R1.0
N750 G1 Z-111.151
N755 X48.0
N760 X53.657 Z-108.323
N765 G0 X61.0
N770 G28 U0
N775 G28 W0
N780 M30
%
```

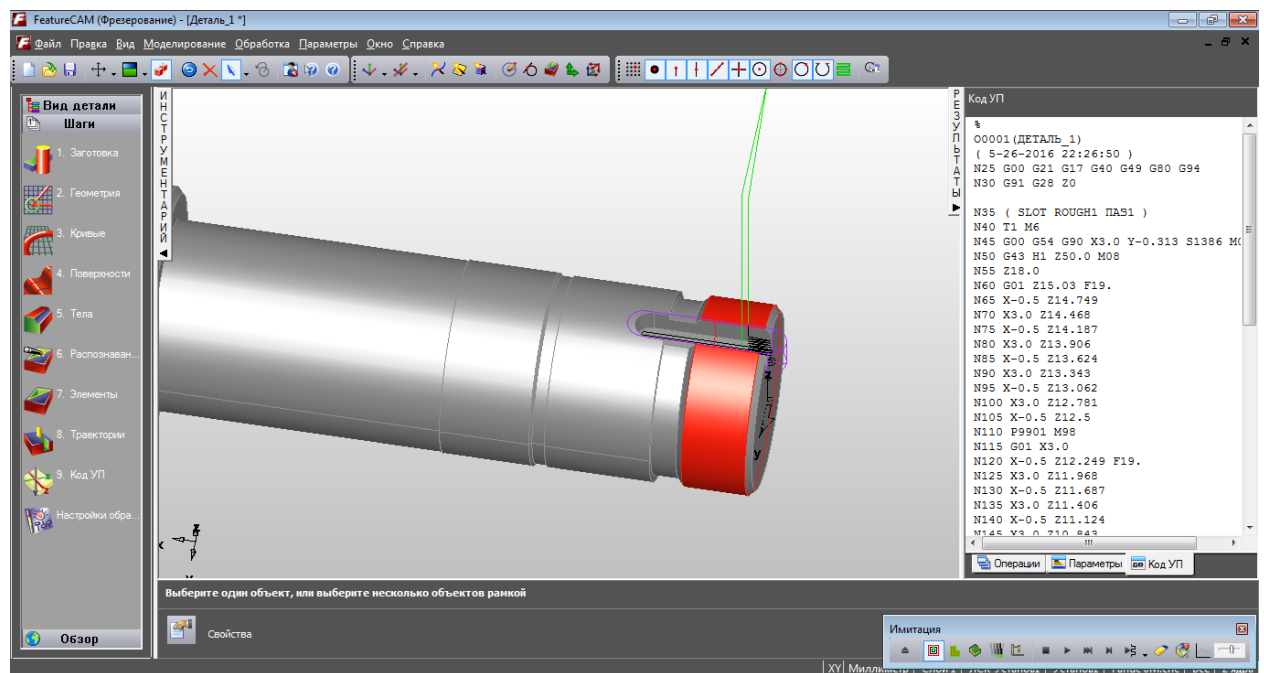


Рисунок 5.11 – Фрезерування пазу

```

%
O0001(ДЕТАЛЬ_1)
( 5-26-2016 22:26:50 )
N25 G00 G21 G17 G40 G49 G80 G94
N30 G91 G28 Z0

N35 ( SLOT ROUGH1 ПАЗ1 )
N40 T1 M6
N45 G00 G54 G90 X3.0 Y-0.313 S1386 M03
N50 G43 H1 Z50.0 M08
N55 Z18.0
N60 G01 Z15.03 F19.
N65 X-0.5 Z14.749
N70 X3.0 Z14.468
N75 X-0.5 Z14.187
N80 X3.0 Z13.906
N85 X-0.5 Z13.624
N90 X3.0 Z13.343
```

					КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

N95 X-0.5 Z13.062
 N100 X3.0 Z12.781
 N105 X-0.5 Z12.5
 N110 P9901 M98
 N115 G01 X3.0
 N120 X-0.5 Z12.249 F19.
 N125 X3.0 Z11.968
 N130 X-0.5 Z11.687
 N135 X3.0 Z11.406
 N140 X-0.5 Z11.124
 N145 X3.0 Z10.843
 N150 X-0.5 Z10.562
 N155 X3.0 Z10.281
 N160 X-0.5 Z10.0
 N165 P9901 M98
 N170 (SLOT FINISH ПА31)
 N175 G01 S2494
 N180 X-0.152 Y-0.634 F52.
 N185 G03 X0.307 Y-0.75 I0.459 J0.846 F26.
 N190 G01 X19.5 F52.
 N195 G03 X19.5 Y0.75 I0. J0.75 F26.
 N200 G01 X-0.5 F52.
 N205 G03 X-0.5 Y-0.75 I0. J-0.75 F26.
 N210 G01 X3.307 F52.
 N215 G03 X3.766 Y-0.634 I0. J0.962 F26.
 N220 G01 X4.113 Y-0.313 F52.
 N225 G00 Z50.0
 N230 M5
 N235 G0 G91 G28 Z0 M09
 N240 G49 G90 X0. Y0.
 N245 M30
 :9901 (MACRO FOR ROUGH1 ПА31)
 N250 G01 X19.5 F39.
 N255 G03 X19.5 Y0.313 I0. J0.313
 N260 G01 X-0.5
 N265 G03 X-0.5 Y-0.313 I0. J-0.313
 N270M99
 %

					КНУ.КБР.131.25.1-20.05.РВІН	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

6 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ

6.1 Проектування верстатного оснащення

Планується розробка спеціального пристрою для свердління чотирьох отворів діаметром $\varnothing 5$ під кутом 10° . Пристосування буде встановлюватися на стіл свердлильного верстата під кутом 10° за допомогою плити 1. Вал у зборі фіксуватиметься між правою та лівою стійками через центрування з лівого боку та підтискання втулкою з боку правого центру. За притискання втулки фасками до вала відповідатиме гідроциліндр.

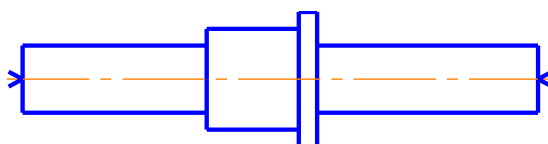


Рисунок 6.1 – Умовна схема базування

Після виконання свердління одного отвору, вал обертається на заданий кут, після чого здійснюється свердління наступного отвору.

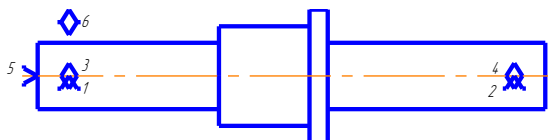


Рисунок 6.2-Теоретична схема базування

Розмір від опорної поверхні до оброблюємого отвору є замикаючим з вільним допуском.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.06.ПТО		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Хижняков				ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОСНАЩЕННЯ	Літ.	Арк.
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечасв					Каф.ТМ,гр. ПМ-21	
Затв.	Рязанцев						

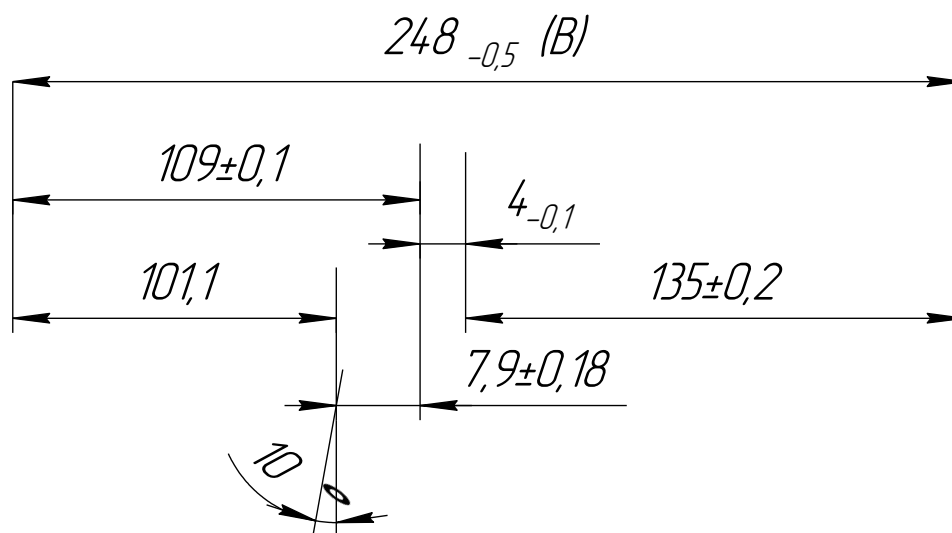


Рисунок 6.3- Будуємо розмірний ланцюг

Визначаємо поле допуску замикаючої ланки:¶

$$\Delta_{z \max} = 0 - (-0.2) - (-0.1) - (-0.075) = 0.375 \text{ мм}$$

$$\Delta_{z \min} = -0.5 - 0.2 - 0 - 0.075 = -0.775 \text{ мм}$$

$101.1^{+0.375}_{-0.775}$ · a = 1,15 що перевищує поле допуску на розмір 7,9 ± 0,075.¶

Припускаємо, що виготовлення фланця · Ø50 з в = 4.0.1 виконуємо з розміром 109 ± 0,05, тоді розмір 135 буде мати допуск ± 0,15, що приблизно відповідає допуску IT11.¶

Із проведеного аналізу видно, що економічно недоцільно виконання розмірів з незазначеними допусками по IT11, тому розмір 7,9 виконуємо по IT14 з полем допуску ± 0,18, а розмір 109 виконуємо з допуском ± 0,1 і розмір 135, що відповідає допуску IT12.¶

З розглянутої операції витримуються три розміри Ø5H12; 7,9 IT14; 109 ± 0,1.¶

Пристосування впливає на виконання розміру 7,9 ± 0,18.¶

					КНУ.КБР.131.25.1-20.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Підсумуємо погрішності:¶

$\delta_{\infty} = 0,2$ — погрішність допуску деталі;¶

$\delta_{a_{np}} = 0,06$ — погрішність від допуску виготовлення розміру

пристосування;¶

$\delta_{б.п} = 0,005$ — погрішність радіального біття встановленого пальця;¶

$\delta_i = 0,005$ — погрішність індикатора при виставленні центра

шпинделя;¶

$\delta_{інстр} = 0,005$ — біття інструмента.¶

$$\delta_{\Sigma} = \sqrt{0,2^2 + 0,06^2 + 0,005^2 + 0,005^2 + 0,005^2} = 0,104 \text{ мм.} ¶$$

Співставляємо результуючу погрішність із допуском $a=0,36$.¶

$$\delta_{\Sigma} = 0,104 < a = 0,36. ¶$$

Отже пристосування придатне для виконання даного розміру.¶

¶

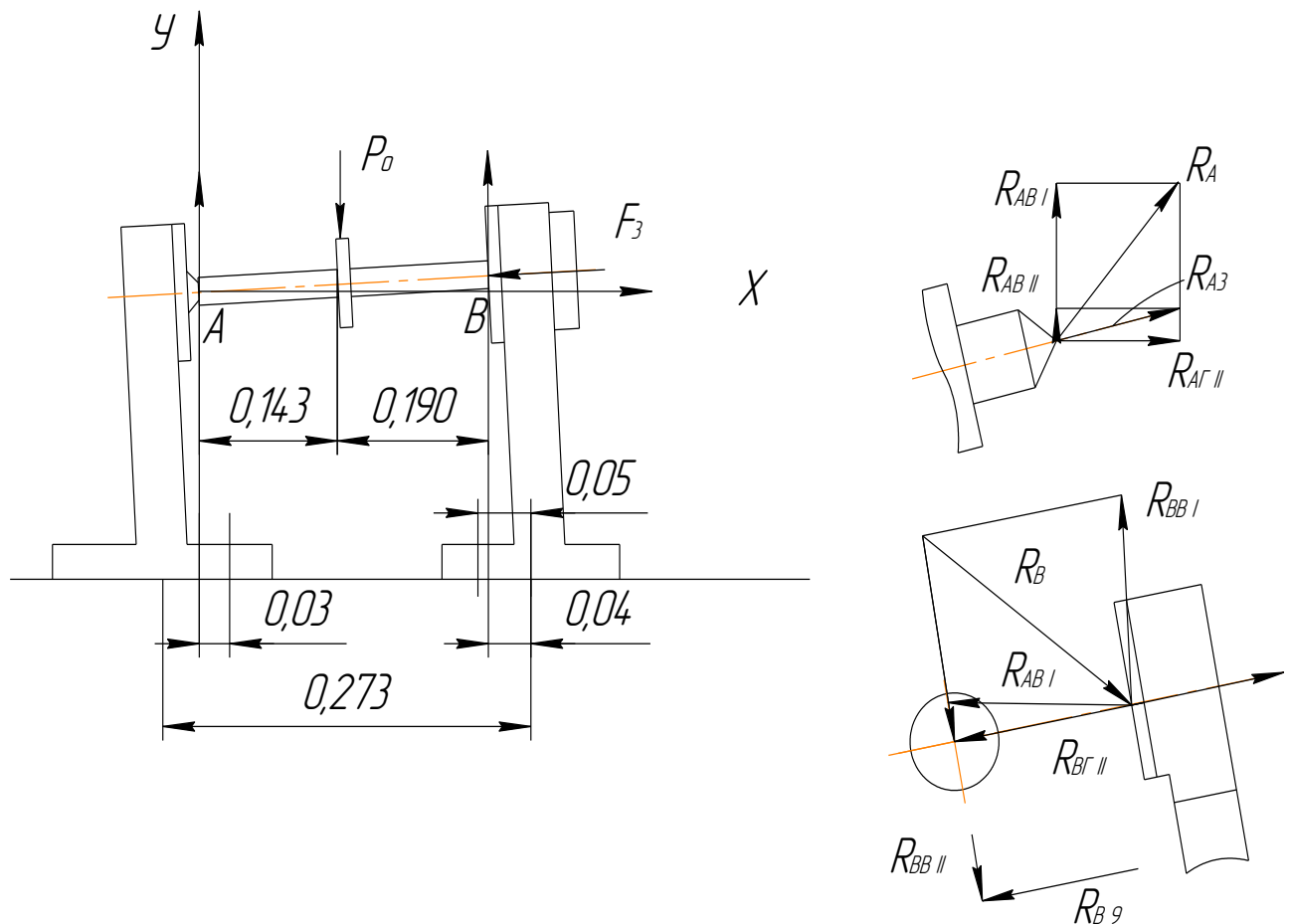


Рисунок 6.4 – Кінематична схема

$$M_{кр} = 10 \cdot C_v \cdot D^q \cdot S^y \cdot K \quad (6.1)$$

$$S \leq 0,3 \text{ мм/об}; C_v = 14,7; q = 0,25; y = 0,55; m = 0,125$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{855}{750} \right)^1 = 1.14$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 14.7 \cdot 5^{0.25} \cdot 0.3^{0.55} \cdot 1.14 = 10 \cdot 14.5 \cdot 1.49 \cdot 0.5 \cdot 1.14 = 127.02 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p \quad (6.2)$$

$$P_0 = 10 \cdot 143 \cdot 5^{1.0} \cdot 0.3^{0.7} \cdot 1.14 = 3504.93 \text{ Н}$$

$$\nu = \frac{C_\nu \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_\nu \quad (6.3)$$

$$\nu = \frac{14.7 \cdot 5^{0.25}}{60^{0.125} \cdot 0.3^{0.55}} = \frac{14.7 \cdot 1.49}{1.6 \cdot 0.51} = 26.84 \text{ м/хв}$$

Для розрахунку на міцність можна вибрати перетин опорної малої стійки, тобто при переході до фланця.

$$\sigma_{32} < [\sigma_{32}]$$

$$\sum M_B = 0$$

$$\sum M_B = -P_0 \cdot 0.19 + R_{AB_B} \cdot (0.143 + 0.19) = 0$$

Реакції опор А і В

$$R_{AB_B} = \frac{P_0 \cdot 0.19}{0.333}; \quad (6.4)$$

$$R_{AB_B} = \frac{3504.93 \cdot 0.19}{0.333} = 1999.8 \text{ Н}$$

$$\sum M_A = 0; \quad -\kappa P_0 \cdot 0.143 + F_3 \cdot \sin 10^\circ \cdot (0.143 + 0.190) = 0$$

$$F_3 \cdot \sin 10^\circ \cdot (0.143 + 0.19) = \kappa \cdot l_0 \cdot 0.143$$

$$F_3 = \frac{\kappa \cdot P_0 \cdot 0.143}{\sin 10^\circ (0.143 + 0.19)} = \frac{2.5 \cdot 3504.93 \cdot 0.143}{0.17 \cdot 0.333} = 22093 \text{ Н}$$

$$M_{32} = F_3 \cdot l, \quad (6.5)$$

де $l = 87 \text{ мм}$.

$$M_{32} = 22093 \times 0.087 = 19221 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6} \quad (6.6)$$

$$W = \frac{5 \cdot 2.2^2}{6} = 4.033 \text{ Н}$$

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W} \quad (6.7)$$

$$\sigma_{32} = \frac{19221}{4.033} = 476.6 \approx 477 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-20.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

$$[\sigma_{32}] = \left[1600 \frac{H}{M^2} \right]$$

$$\sigma_{32} < [\sigma_{32}]$$

$$477 < [1600]$$

6.2 Призначення пристосування

Спеціальне пристосування призначене для свердління чотирьох отворів діаметром Ø5 під кутом 10°. Воно монтується на стіл свердлильного верстата за допомогою опорної плити 1. Вал у зібраному вигляді закріплюється між правою (2) та лівою (4) стійками, центрується зліва та притискається втулкою 5, яка взаємодіє з правим центром 10. Притискання втулки до вала по фасках здійснюється гідроциліндром.

Після свердління одного отвору вал повертається на необхідний кут для виконання наступного отвору. Для запобігання самовільному обертанню в центрішках вал фіксується двома шпонками (21 та 22). Обертання здійснюється за допомогою фіксувального пальця 9. Налагодження інструмента виконується через установочний палець.

					КНУ.КБР.131.25.1-20.06.ПТО	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі бакалавра була розглянута деталь «вал» , що входить до складу імпелерного вузла.

Розраховані конструкторські лінійний та кутовий розмірні ланцюги дозволили вирахувати замикаючу ланку та запропонувати схему складання вузла . Це дозволить витримати точність при складанні і забезпечити довговічність відповідального вузла.

Технологічний процес розрахований для застосування у серійному типі виробництва, ретельно розроблена технологічна документація на виготовлення .

CAD/CAM технології дозволили створити блекпот токарної операції, візуалізувати траєкторію переміщення інструменту і тим самим передбачити зарізи та небезпечні врізання, подовжити стійкість інструменту і забезпечити якість обробки.

Спроектоване пристосування спеціальне, гідравлічне, для обробки отвору під кутом з застосування кондукторної втулки. Розрахована похибка менша за допуск на розмір, показує, що його можна застосовувати для обробки валу. Також розраховано зусилля закріплення.

Всі етапи проектування мають висновки, також зроблена обґрунтування вибору заготовки та вибору верстатів з ЧПК. Всі розрахунки доводять доцільність прийнятих рішень

					КНУ.КБР.131.25.1-20.В		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	ВИСНОВКИ		
Розроб.	Хижняков						
Перевір.	Цивінда						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затв.	Рязанцев				Каф.ТМ,гр. ПМ-21		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1.С.Г. Бондаренко. Розмірні розрахунки механоскладального виробництва. – Київ, 1993.
- 2.ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні.
- 3.ДСТУ 2498-94 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Терміни та визначення
- 4.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
5. ДСТУ 7505-89 Поковки сталеві штамповані
6. ДСТУ 7806:2015 Прокат з легованої конструкційної сталі
7. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок - Львів, Світ ,1996.
- 8.Дипломне проектування з технології машинобудування/ Григурко О.І, Брендюля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008,- 860 с.
- 9.ДСТУ 3.1107-81. Базування та бази в машинобудуванні
10. 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
- 11.Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. Навч. посібник - К.: Вища шк. 1993р. - 414с.
- 12.Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. – Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
- 13.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.
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 МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ-2008, 576 с.

					КНУ.КБР.131.25.2-20.СВД						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Хижняков			СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ			Лім.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Цивінда									
Т.контр											
Н. Контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ гр.ПМ21			
Затв.		Рязанцев									

- 18.Залога В. О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні Суми: СумДУ, 2013.
- 19.Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПУ та верстатні комплекси. Частина 2.-К.-Тернопіль.ТОВ «ЗМОК» -ПП «Гнозіс», 2001.-298 с.
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 підготовлення 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 бакалаврської роботи для студентів спеціальності 131“Прикладна механіка ”Освітньо-професійної програми Прикладна механіка усіх форм навчання, Кривий Ріг: КНУ, 2024.

					КНУ.КБР.131.25.2-20.СВД	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

Дубл.									
Взам.									
Подл.									
						Из	Лист	№ докум.	Подпись
								Листов	Лист
Разраб.				КНУ					
Проверил									
Согласов.									
Т. контр.									
Н. Контр.									
«Затверджую» Зав. кафедрою технології машинобудування _____ (Рязанцев А.О.) «___» _____ 2025 р. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС Виготовлення деталі вал Узгоджено: Руководитель _____ (Цивінда Н.І.) Разработчик _____ (Хижняков А.О.) Н.контроль _____ (Нечасв В.П.) .									
ТП ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС									

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

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

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення
деталі «Вал» та обґрунтування параметрів надійності процесу за
допомогою САПР технологій

Проектував ст.гр. ПМ-21

/Хижняков А.О./

Керівник роботи

/к.т.н., доц. Цивінда Н.І./

Нормоконтроль

/ к.т.н., доц. Нечаєв В.П./

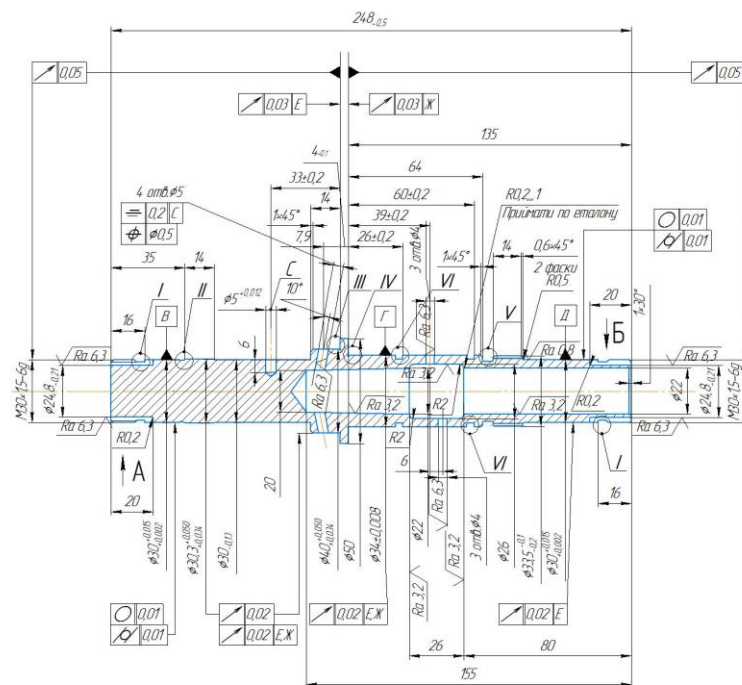
Завідувач кафедри

/ к.т.н., доц. Рязанцев А.О./

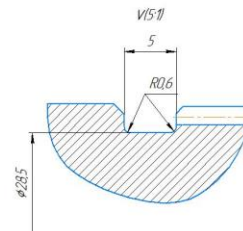
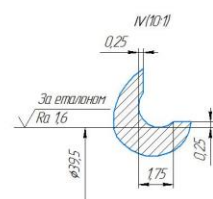
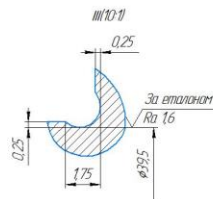
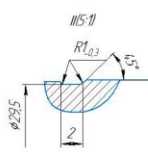
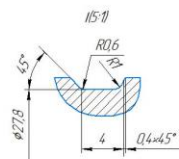
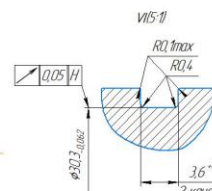
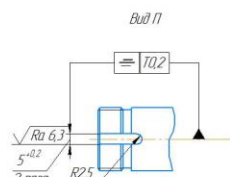
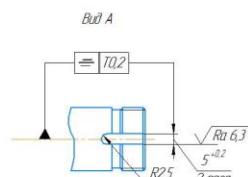
Кривий Ріг
2025 р

Перв. примен.	Формат	Зача	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
	A4						
Справ. №	A2			КНУ.КБР.131.25.1-20.КВС	Креслення валу(складальне)	1	
	A2			КНУ.КБР.131.25.1-20.ПВ	Креслення валу	1	
	A3			КНУ.КБР.131.25.1-20.КЕО	Креслення ескізів операцій	1	
	A2			КНУ.КБР.131.25.1-20.КЕО	Креслення ескізів операцій	1	
	A1			КНУ.КБР.131.25.1-20.КВН	Креслення верстатного налагодження	1	
	A1			КНУ.КБР.131.25.1-20.КВП	Креслення верстатного пристосування	1	
	A1					1	
				КНУ.КБР.131.25.1-20.ККП	Креслення контрольного пристосування	1	
	A1					1	
Підп. і дата							
Взам. инв. №							
Підп. і дата							
Инв. № подл.	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КНУ.КБР.131.25.1-20.ВЗА		
	Разраб.	Хижняков			Відомість засвідчуючих аркушів		
	Пров.	Цибінда					
	Н.контр.	Нечасів					
	Утв.	Рязанцев					
	Лит.	Лист	Листов				
	1	1	2	каф.ТМ гр.ПМ-21			

КопироваЛФормат А4



Число зубів	z	32
Модуль	m	1
Висхідний контур	кут профіля	α 30°
	коєф. висоти головної	η 0.75
	коєф. радіального зазора	c^* 0.3
	коєф. радіуса кривизни перпенд. кривої	ρ^* 0.35
Ступінь точності	–	2
Довжина завантаж. нормалі	F	16.45
Допуск на радіальне витіп	F_r	0.08
Допуск на напрямк. зубів	F_β	0.025
Баз.	–	χ

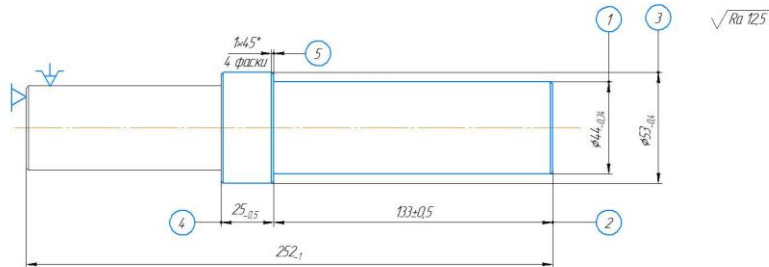


1. Загальна – коли, коефіцієнт використання матеріалу не менше 0,5
2. ТБ 321-388
3. $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n, \eta_m$
4. Більша необхідних поверхень відносно всієї поверхні Е та Ж не більше 0,1
5. Піддавати негативному контролю по И 255.04.061-81
6. Поверхня – Хол. дос. прот.
7. Маркирувати 4 та класифікувати К та др.ц.
8. ТБ на рівень по И 255.02.008-81
9. На поверхні Ж дозволяється сліди від зурбованого інструменту глибиною до 0,1 мм

						КНУКБР.131.25.1-20.В		
Акт	Акт	№ документа	Подпись	Подпись		Акт	Масштаб	Масштаб
Проект		Исполнение			Вал	4	24	11
Этап		Исполнение				Акт	Акт	Акт
Исполнение		Исполнение						
Исполнение		Исполнение			Страна: 18X2H4M4			
Исполнение		Исполнение			ДСТУ 7809:2015			
					кар. 1М			
					стр. 1М-21			

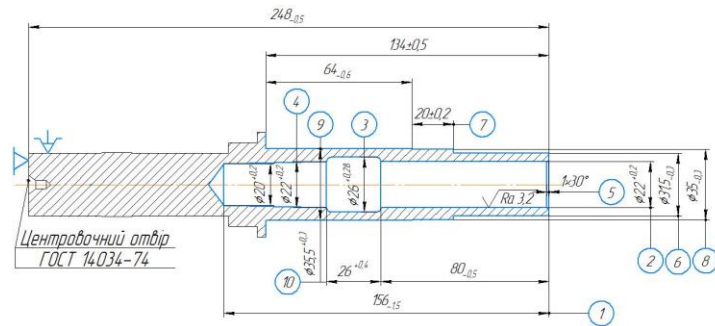
КНУ.КБР.131.25.1-20.ЕО

005 Токарна Токарний INDUSTRIE 2000/250 HD



4	Точити дві фаски 5	2	1	P	250	35	0.32
3	Точити поверхню 3	1	2	Q	200	55	0.3
2	Точити торцеву 2	1	2	Q	120	55	0.55
1	Точити поверхню 1 з торцем 4	1	2	Q	120	55	0.8
п/п	Назва переходу	1	1	S	n	v	T

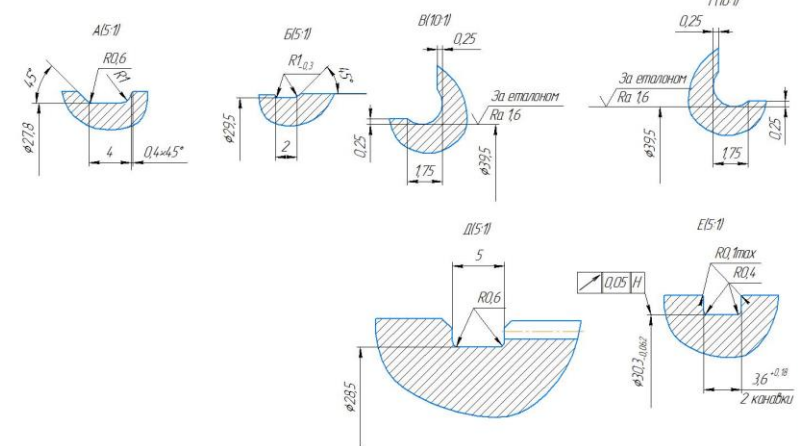
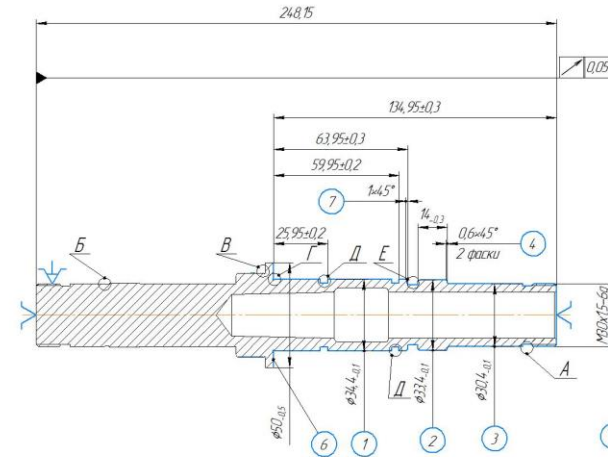
045 Токарна з ЧПК Metal MasterL400



9	Точити поверхню 9	3	2	Q	1.15	35	0.4
8	Точити поверхню 8 в розмір 7	3	3	Q	1.15	35	0.4
7	Точити поверхню 6	3	3.5	Q	1.15	37	0.3
6	Розточувати фаску 5	1	1	P	200	74	0.2
5	Свердлити отвір 2 до кінця	1	11	P	200	74	0.4
4	Розточувати витягнути 3	1	2	Q	2.15	26	0.6
3	Розсвердлювати отвір 2 на розмір 95	1	11	P	200	74	0.4
2	Свердлити отвір 2 на розмір 95	1	5	P	200	74	0.5
1	Підготувати торцеву 1	1	2	Q	1.15	44	0.75
п/п	Назва переходу	1	1	S	n	v	T

035 Токарна з ЧПК Metal Master 400

✓ Ra16



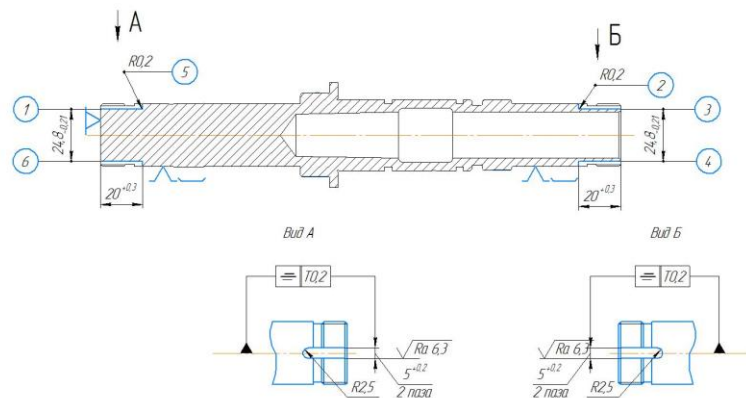
11	Нарізати різьбу	2	0.5	15	60	6	1.88
10	Точити фаску 7	1	1	P	400	43	0.2
9	Точити елемент А	1	11	P	400	35	0.25
8	Точити поверхню 5	1	3.5	Q	400	38	0.2
7	Точити фаску 4	2	0.6	P	400	42	0.2
6	Точити поверхню 3	1	3.5	Q	400	38	0.2
5	Точити елемент Д	1	3	P	400	35	0.6
4	Точити поверхню 2	1	0.75	Q	400	42	0.2
3	Точити елемент Е	1	2	P	400	38	0.2
2	Точити елемент Г	1	1.75	P	400	43	0.6
1	Точити поверхню 1 і торцеву 6	1	0.5	Q	400	43	1.7
п/п	Назва переходу	1	1	S	n	v	T

КНУ.КБР.131.25.1-20.ЕО				Дет.	Маса	Масштаб
Ескізи операцій				11		
Автори:	Проєктувальник:	Перевірив:	Відомо:	Лист	Всього	1
Начальник:	Відомо:	Відомо:	Відомо:	код ТМ		
				стор. 11		
				Формат А1		

КНУ.КБР.13125.1-20.ЕО

045 Фрезерна Haas VF1

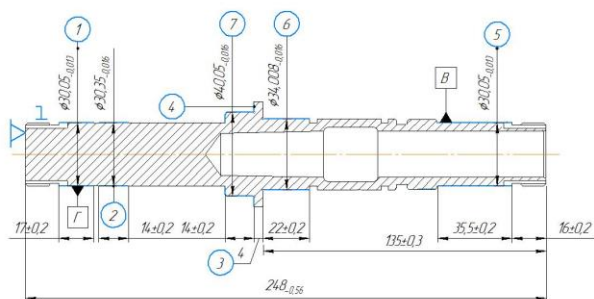
√ Ra 6,3



2	Фрезерувати поверхні 4, 6	2	5	63	200	4	128
1	Фрезерувати поверхню 1, 3	2	5	63	200	4	128
п/п	Назва переходу	1	1	5	п	п	1

025 Колошліфувальна 3М150

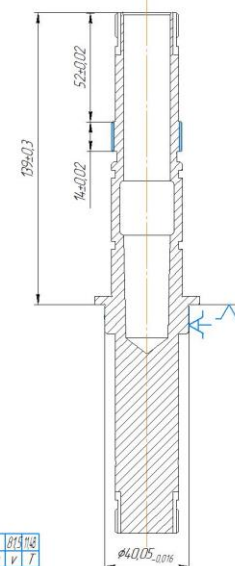
√ Ra 16



5	Шліфувати поверхню 5	2	0.05	4.5	20	3
4	Шліфувати поверхню 6 і торець 4	2	0.05	4.5	20	4.5
3	Шліфувати поверхню 7 і торець 3	2	0.05	4.5	20	2.5
2	Шліфувати поверхню 2	2	0.05	4.5	20	2.5
1	Шліфувати поверхню 1	2	0.05	4.5	20	2.3
п/п	Назва переходу	1	1	5	п	1

060 Зубодовдальна 5140

√ Ra 16

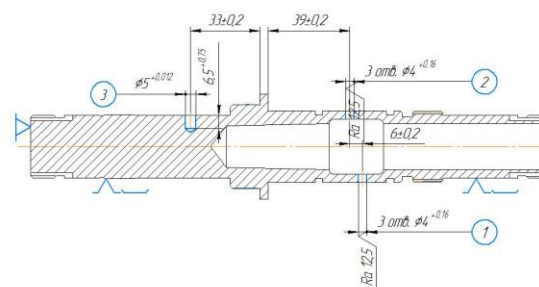


Число зубців	Z	32
Модуль	m	1
кут профіля	α	30°
коэф. висоти голови	h*	0.75
коэф. радіального зазору	c*	0.3
коэф. радіуса кривизни переходної кривої	ρ*	0.35
Ступінь точності	-	2
Довжина загальної нормалі	W	16.45
Допуск на радіальне ділиття	F _r	0.08
Допуск на натяжок зубців	F _β	0.025
База	-	Ж

1	Довдати шпиль	1	1	5	п	п	1
п/п	Назва переходу	1	1	5	п	п	1

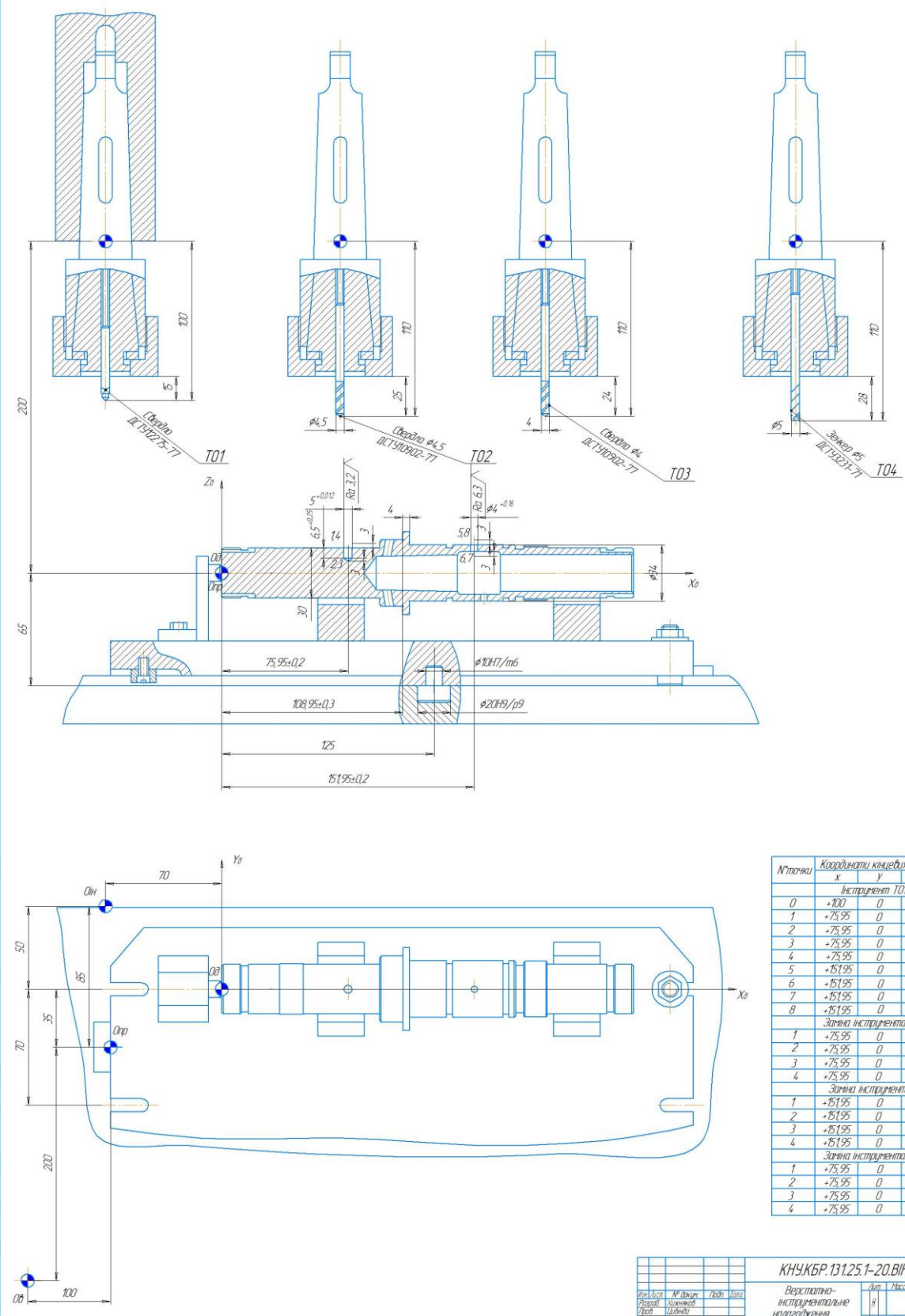
035 Свердильна з ЧПУ STERLITAMAK 400V

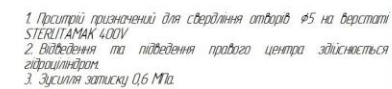
√ Ra 6.3



4	Зенкерувати отвір 3	1	0.05	0.8	1	12	5
3	Свердлити отвір 3	1	0.05	0.8	1	12	5
2	Свердлити отвір 2	3	2	0.08	294	374	6
1	Свердлити отвір 1	3	2	0.08	294	374	6
п/п	Назва переходу	1	1	5	п	п	1

КНУ.КБР.13125.1-20.ЕО				Лист	Масштаб	Масштаб
Ескізи операцій				п	11	11
Код ПМ				Лист	Лист	1
Стар ПМ-21				Формат	А1	А1





						КНУ.КБР.131.25.1-20.В7						
Акт	Диск	№ докум	Год	Лист	Верстатий пристрій					Лист	Маса	Кількість
Вироб	Держав	Ліценз			на операції					№		11
Вироб	Держав	Ліценз			свердильну з ЧПУ					Лист	Диск	
Полімер	Полімер									код ІМ		
Стр	Стр	Полімер								стор. ІМ-21		
					Кількість					Формат А1		

[illegible]