

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» млина МШЦ за допомогою CAD/CAM систем.

Виконав: здобувач групи ПМ-21

Листопад Ю.

Керівник випускної роботи:

доцент, к.т.н.,

Кіяновский М.В.

м. Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» млина МШЦ за допомогою CAD/CAM систем.

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Листопад Ю. Д.

Керівник КБР

(підпис)

Кіяновский М.В.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

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

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

(дата)
(підпис)

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну бакалаврську роботу

Здобувача групи ПМ-21 Листопада Юрія Дмитровича

1. Тема: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» млина МШЦ за допомогою CAD/CAM систем.

Керівник проекту: доц., к.т.н. Кіяновский М.В.

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

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи «__» _____ 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Найменування вузла. 2. Креслення деталі «Вал-шестерня». 3. Річна програма випуску деталей

4. Зміст пояснювальної записки: 1.Складання вузла. 2. Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту 3. Проектування технологічного процесу 4. Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами 5. Моделювання та проектування операції механічної обробки 6. Охорона праці та безпека життєдіяльності 7. Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Вал-шестерня. 2. Верстатно-інструментальне налагодження. 3. Ескізи Операцій. 4. Складальне креслення.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	
3.	Призначення об'єкту виробництва	
4.	Аналіз технологічності деталі.	
5.	Креслення деталі (А1-А4).	
6.	<u>Складання вузла</u>	
7.	Службове призначення вузла	
8.	Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту.	
9.	Проектування технологічного процесу	
10.	Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня»	
11.	Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами	
12.	Моделювання та проектування операції механічної обробки	
13.	Проектування чистової токарної операції	
14.	Вибір установ та побудова контурів обробки	
15.	Охорона праці та безпека життєдіяльності	
16.	Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва	
17.	Висновки	
18.	Оформлення РПЗ	
19.	Попередній захист	

Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____ / Кіяновский М.В./

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Листопад Ю.Д./

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					Документація		
	A4		1	КНУ.КБР.131.25.14-В0	Пояснювальна записка	59	
					Графічні матеріали		
	A3		2	КНУ.КБР.131.25.1.15.ВШ.2D.3A	Вал Шестерня	1	
	A3		3	КНУ.КБР.131.25.1.15.ВШ3.2D.3A	Вал Шестерня Заготовка	1	
	A3		4	КНУ.КБР.131.25.1.15.СК.2D.3A	Складальне креслення	1	
	A0		5	КНУ.КБР.131.25.1.15.Е0.2D.3A	Ескізи Операцій	1	
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							
Инв. № дубл.							
Подп. и дата							
Инв. № подл.							
Взам. инв. №							

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до КРБ містить: 59 стор., 21 рисунок, 13 таблиць, 4 листів графічної частини.

Мета роботи: визначення оптимальної технології виготовлення валу шестерня, що входить до складу млина МШЦ, та вибір найбільш підходящого різального інструменту для цього процесу.

Об'єкт дослідження – процес виготовлення деталі «Вал шестерня» млина МШЦ.

Предмет дослідження – конструкторсько-технологічна підготовка процесу виготовлення деталі «Вал шестерня» та вибір оптимального різального інструменту для досягнення найкращих результатів.

Зважаючи на значущість оптимізації процесу виготовлення складних деталей для сучасних механізмів, дипломна робота розглядає важливий аспект конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі «Вал шестерня» редуктору та вибір різального інструменту. Це дослідження базується на узагальненні теоретичних знань зі сфери машинобудування та металообробки, а також на практичному досвіді виробництва.

Об'єктом нашої уваги є технологічні аспекти виготовлення валів шестерень для редукторів, які вимагають високого рівня точності та якості.

З розвитком промисловості та підвищенням вимог до механізмів, ефективне виготовлення деталей, таких як вал шестерня, стає критично важливим для забезпечення надійності та функціональності редукторів.

Ця робота має важливе значення для підвищення якості виробництва та оптимізації процесів машинобудівного виробництва.

Під час розробки використовувалися автоматизовані засоби проектування, зокрема, програмне забезпечення Solid Works і Autodesk. Був проведений інженерний аналіз спеціального різального інструменту для визначення критичних компонентів у конструкції, використовуючи інструменти модуля Simulation у програмі Solid Works.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.Р			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ			
Разроб.	Листопад							
Перевір.	Кіянський							
Н. Контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
					Літ.		Арк.	Акрушів
					каф. ТМ гр. ПМ-21			

ABSTRACT

The explanatory note to QBW contains: 59 pages, 21 figures, 13 tables, 4 sheets of the graphic part.

The purpose of the work: determination of the optimal manufacturing technology of the gear reducer shaft, which is part of the MΦИ mill, and the selection of the most suitable cutting tool for this process.

The object of the research is the manufacturing process of the "Gear shaft" part of the MΦИ mill.

The subject of the study is the design and technological preparation of the manufacturing process of the Geared Shaft part and the selection of the optimal cutting tool to achieve the best results.

Taking into account the importance of optimizing the process of manufacturing complex parts for modern mechanisms, the thesis considers an important aspect of the design and technological preparation of the production of the part "Gear shaft" of the mill and the choice of the cutting tool. This study is based on the generalization of theoretical knowledge from the field of mechanical engineering and metalworking, as well as on practical experience of production.

The object of our attention is the technological aspects of manufacturing toothed shafts for gearboxes, which require a high level of precision and quality.

With the development of industry and increasing demands on mechanisms, the efficient manufacture of parts such as the gear shaft becomes critical to ensure the reliability and functionality of gearboxes.

This work is important for improving production quality and optimizing machine-building production processes.

During development, automated design tools were used, in particular, Solid Works and Autodesk software. An engineering analysis of a custom cutting tool was performed to identify critical components in the design using the Simulation module tools in Solid Works.

.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-14.Р</i>	Архив
Змін.	Архив	№ Документа	Підпис	Дата		2

ЗМІСТ

Вступ

1 Складання вузла

1.1 Службове призначення вузла

1.2 Розмірний аналіз ланцюга

2 Техніко-економічний аналіз вихідних даних проекту

2.1 Службове призначення деталі «Вал-шестерня». Вибір матеріалу та варіантів замін

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

2.3 Технічний контроль робочого креслення

2.4 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу

2.5 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

3 Проектування технологічного процесу

3.1 Проектування заготовок

3.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня»

3.3 Розробка маршруту обробки деталі «Вал-шестерня»

3.4 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню деталі «Вал-шестерня»

4 Вибір ріжучих та допоміжних інструментів за міжнародними стандартами

4.1 Вибір типу інструментів для обробки поверхонь деталі

4.2 Вибір сучасного металорізального інструменту

4.3 Геометричні параметри оснащення та інструменту для обробки деталі

4.4 Вибір типорозміру ріжучих інструментів

4.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

4.6 Розрахунок пристрою для шпонково-фрезерної операції

5 Моделювання та проектування операції механічної обробки

5.1 Проектування чистової токарної операції

5.2 Вибір установ та побудова контурів обробки

5.3 Налаштування режимів різання

5.4 Генерація керуючої програми та перевірка моделі

6 Охорона праці та безпека життєдіяльності

6.1 Аналіз умов праці та шкідливих факторів виробництва

6.2 Нормалізація параметрів повітря робочої зони та захист працівників

6.3 Заходи із забезпечення безпеки праці

7 Оцінка техніко-економічної ефективності виробництва

Висновки

Список використаних джерел

					КНУ.КБР.131.25.1-14.3			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Разроб.		Листопад						
Перевір.		Кіяндовский						
Н. Контр.		Нечаєв						
Затверд.		Рязанцев						
					Літ.		Арк.	Акрушів
					ЗМІСТ			
					каф. ТМ гр. ПМ-21			

ВСТУП

Машинобудування — одна з ключових галузей промисловості, що забезпечує технічну базу розвитку економіки, соціальної інфраструктури та обороноздатності держави. Сучасний рівень конкурентоспроможності підприємств залежить від здатності оперативно впроваджувати прогресивні технології, оптимізувати виробничі процеси та зменшувати витрати на виготовлення продукції. У цьому контексті особливої актуальності набуває питання ефективної організації конструкторсько-технологічної підготовки виробництва.

Об'єктом дослідження даної дипломної роботи є деталь типу вал-шестерня, яка входить до складу приводу млина МШЦ, що експлуатується в умовах гірничо-збагачувальних комбінатів. Зважаючи на складні умови роботи, до таких деталей висуваються жорсткі вимоги щодо точності виготовлення, твердості, шорсткості поверхні та експлуатаційної надійності. Це, у свою чергу, вимагає впровадження високотехнологічних методів проектування та обробки, зокрема на базі CAD/CAM систем.

У роботі розглянуто комплекс питань, пов'язаних з вибором оптимального типу виробництва, розробленням маршрутного та операційного технологічного процесу, визначенням баз та припусків на обробку, вибором обладнання, оснащення й інструменту. Особливу увагу приділено впровадженню автоматизованих методів підготовки програм для обробки на верстатах з ЧПК, що забезпечує підвищення точності, зменшення трудомісткості та собівартості виготовлення деталі.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.В					
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						
Розроб.		Листопад			ВСТУП			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Кіяндовський								
Н. Контр.		Нечаєв						каф. ТМ гр. ПМ-21		
Затверд.		Рязанцев								

1 СКЛАДАННЯ ВУЗЛА

1.1 Службове призначення вузла

Кінематичний вузол, що сформований валом-шестернею та пружною напівмуфтою, установлюється у підшипникових опорах приводу, який передає обертання циліндричному барабану рудоподрібнювального млина. Крутний момент від електродвигуна через муфту надходить на вал-шестерню й далі передається вінцевому зубчастому колесу, закріпленому на зовнішній поверхні барабана.

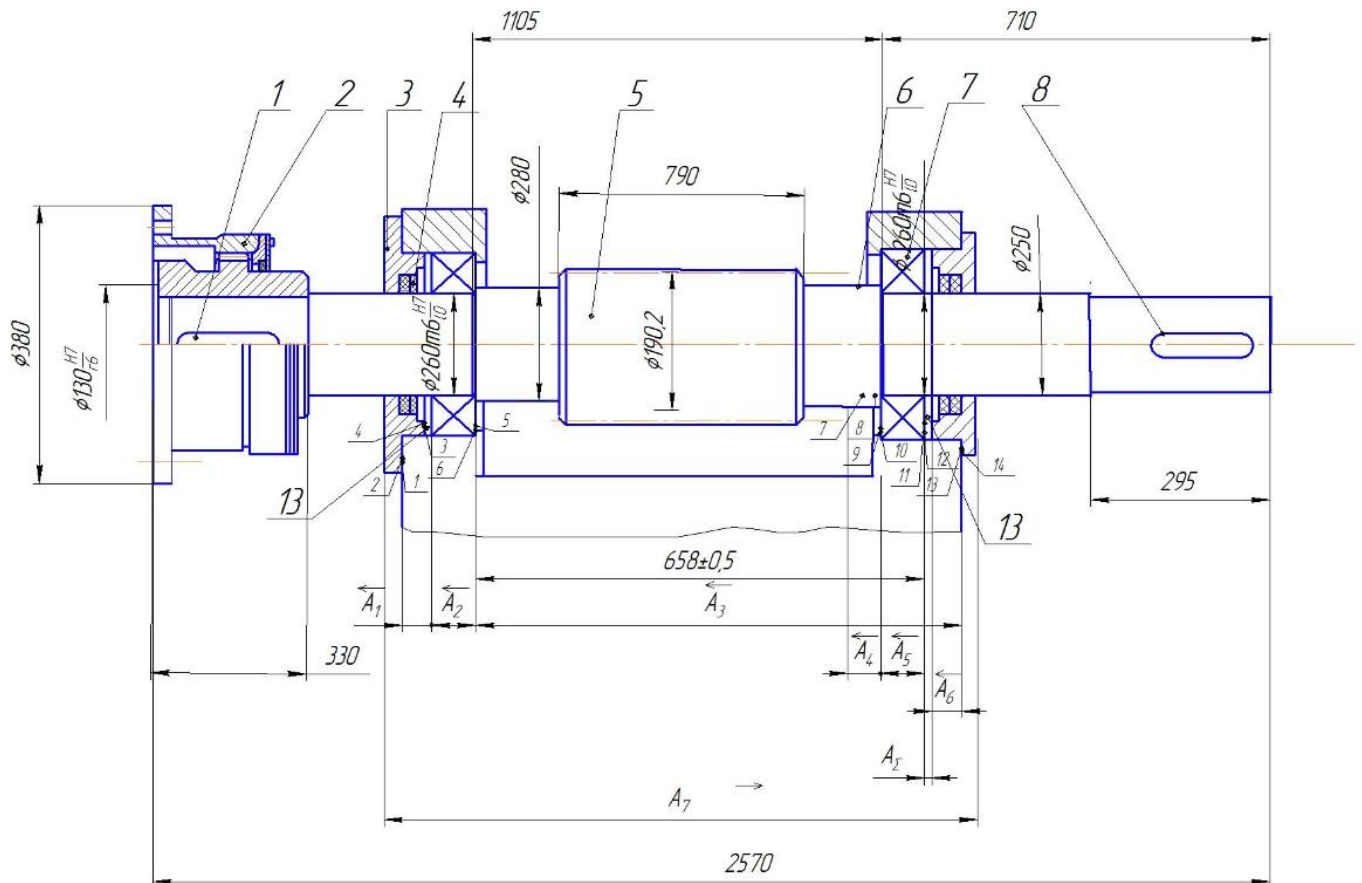


Рисунок 1.1 Складальне Креслення

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	СКЛАДАННЯ ВУЗЛА		
Разроб.	Листопад						
Перевір.	Кіянський						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					каф. ТМ гр. ПМ-21		

Утворена відкрита циліндрична передача забезпечує стабільний повільний рух корпуса млина та безперервне виконання операцій перетирання і подрібнення залізорудної сировини.

Привід належить до тихохідного класу: робоча частота обертання невелика, проте значення крутного моменту є високими. Плавність роботи та зниження контактних напружень досягаються використанням косозубої геометрії зубців на шестерні, що рівномірно розподіляє навантаження й мінімізує динамічні коливання.

Умови експлуатації характеризуються широким температурним діапазоном, густиною запиленості та наявністю абразивних частинок. Для запобігання проникненню абразиву у зону зачеплення та утримання мастильного матеріалу зубчасту передачу закрито металевою оболонкою з комбінованими радіальними й осьовими ущільненнями.

Оскільки колеса передачі спираються на окремі підшипникові опори, під час проектування враховують лінійне теплове подовження валів і корпусу, похибки виготовлення й складання, а також необхідність формування та стабілізації мастильного зазору. Розрахунковий аналіз розмірних ланцюгів і використання регулювальних прокладок гарантують відповідність вузла вимогам міцності та точності, установленим ДСТУ 2025 р., і забезпечують його довговічність.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК	Аркуш
						2
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

1.2 Розмірний аналіз ланцюга

Розмірні ланцюги розраховують, щоб призначити поля допусків для усіх деталей, що утворюють складальну одиницю.

Після монтажу саме правильно підібрані допуски автоматично гарантують потрібну точність замикаючої ланки. Відповідальність за кінцеву якість виробу поділяють між технологом і конструктором, тому перед розробленням маршруту виготовлення деталі технолог має пересвідчитися у коректності призначених допусків і посадок.

Задля цього перевіряють логіку побудови розмірних ланцюгів і аргументацію точності вихідних ланок; за виявлення неточностей потрібні зміни узгоджують з конструкторським відділом. Більш суворі вимоги до точності підвищують довговічність машини, але водночас збільшують витрати на її виробництво; натомість недостатня точність призводить до скорочення ресурсу й частих відмов.

Нині теорія розрахунку розмірних ланцюгів ще формується, тож у серійному виробництві допуски часто копіюють з аналогічних механізмів, що спричиняє значний розкид параметрів і знижує довговічність виробів. Рівень точності складання визначають не лише номінальні розміри, а й шорсткість поверхонь, геометричні відхилення, деформації, нерівномірне затягування кріплення тощо.

Після виявлення на складальному кресленні конкретного лінійного розмірного ланцюга насамперед формулюють задачу, для якої він створений. У цьому випадку необхідно забезпечити заданий зазор між гвинтом і фланцем.

Проводимо розрахунок розмірного ланцюга методом max-min, при якому лінійний зазор між підшипником та кришкою:

$$A_{\Sigma} = 0_{+0,5}^{+1,5} \quad T_{\Sigma} = 1 \quad \Delta C_{\Sigma} = 1$$

Для забезпечення нормальної роботи вузла необхідно забезпечити:

$$A_{\Sigma \min} = 0,5; A_{\Sigma \max} = 1,5$$

Спершу потрібно віднайти та відобразити лінійний розмірний ланцюг [1]. Просуваючись ліворуч від замикаючої ланки, послідовно додаємо до нього всі елементи, що впливають на величину зазору.

Далі цей ланцюг переносять на складальне креслення, позначаючи напрям дії кожної ланки верхньою стрілкою. Кожній спряженій поверхні, включеній до ланцюга, присвоюється індивідуальний порядковий номер. Після цього формують схему розмірного ланцюга А, зазначаючи торцеве биття 1.1. У підсумковому полі у верхньому куті таблиці 1.1 вказують позначення та функціональне призначення ланцюга, а в стовпці «Найменування ланок розмірного ланцюга» перераховують усі елементи разом з коротким описом їх ролі.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		3

Пряма задача розв'язується за допомогою методу рівної точності. Визначення кількості одиниць допуску здійснюється, виходячи з нормованої точності відхилень взаємного розташування поверхонь, за такою формулою:

$$a_i = \frac{T_{\Sigma} - 0,3 \cdot T_{\Sigma} - \sum T_{cm}}{\sum_{i=1}^n i_i}$$

де T_{Σ} – допуск вихідної ланки; $\sum T_{cm}$ – сума допусків стандартних деталей;
 i – одиниця допуску, яка залежить від величини розміру; n – кількість ланок ланцюга.

Щоб обчислити кількість одиниць допуску, спершу заповнюють праву частину таблиці 1.1. У першому стовпці розміщують позначення ланок, супроводжуючи їх стрілками, що вказують на збільшувальні й зменшувальні дії. У другому стовпці фіксують номінальні розміри ланок, зняті безпосередньо зі складального креслення.

В третю колонку записуються значення одиниць допуску i , які взяті з таблиць [2].

Знайденні значення кількості одиниць $a = 36,9_{мкм}$, відповідає ІТ9

Передбачувані квалітети заносимо в четверту, а допуски в п'яту колонку таблиці 1.1.

Величину торцевого биття визначають і задають за найбільшими діаметрами деталей, занесеними до стовпця 2 «Номінальний розмір» таблиці 1.1. Підбір відповідного значення здійснюється за таблицею 2.28 [2] згідно з обраним класом точності. Оскільки використано нормальну точність, ступінь точності торцевого биття встановлюють на один ранг нижче за квалітет точності самого розміру.

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n (T_{Ai} + \beta_i)$$

де T_{Σ} це допуск замикаючої ланки; T_{Ai} – допуск складових ланок; β_i – торцеве биття спряжених поверхонь; n – кількість ланок, що входять в ланцюг.

Розрахунок похибки розрахунку:

$$E = \frac{T_{\Sigma} - [T_{\Sigma}]}{[T_{\Sigma}]} \cdot 100\%$$

T_{Σ} – розрахунковий допуск замикаючої ланки; $[T_{\Sigma}]$ – допуск, що потрібен на замикаючу ланку.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК	Аркуш
						4
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Похибка склала $E = 4\%$, що менше допустимої похибки [$E = 5\%$].

4. Призначення граничних відхилень.

Граничні відхилення встановлюють для всіх ланок, окрім однієї — залежної. Поля допуску при цьому розміщують у товщі матеріалу деталі. Для розмірів, що задають основні площини чи загальну довжину, відхилення приймають зі знаком «—», тоді як відстані між протилежними стінками корпусів отримують симетричний допуск.

Функцію залежної ланки відводять елементу, здатному компенсувати випадково призначені відхилення; зазвичай обирають деталь, обробити яку з будь-якою потрібною точністю найпростіше.

В сьомій колонці таблиці 1.1 проставляються значення середин полів допусків, які визначаються з вираження:

$$\Delta C_i = \frac{es_i - ei_i}{e}$$

де es_i та ei_i — відповідно верхнє та нижнє граничні відхилення ланки.

Координата середини поля допуску торцевого биття визначається за формулою:

$$\Delta \beta_i = \frac{\beta_i}{2}$$

де β_i — торцеве биття спільних поверхонь

В якості залежного ланцюга обираємо A_4 та виділяємо його квадратом.

5) Визначення граничних відхилень залежної ланки починається з визначення координати середини поля допуску цієї ланки (ланку обираємо з ряду зменшуваних):

$$\Delta \bar{C}_x = \sum_{i=1}^n (\Delta \bar{C}_i + \Delta \bar{\beta}_i) - \sum_{j=1}^n (\Delta \bar{C}_j + \Delta \bar{\beta}_j) - \Delta C_\Sigma \quad (1.6)$$

де $\Delta C_{i,j}$ — значення середини полів допусків; $\Delta \beta_{i,j}$ — координати середини полів допусків торцевого биття; ΔC_Σ — координата середини поля допуску вихідної ланки.

Граничні відхилення залежної ланки визначимо з виразу:

$$\left. \begin{aligned} es_{Au(X)} &= \Delta C_x - \frac{T_x}{2} \\ ei_{Au(X)} &= \Delta C_x + \frac{T_x}{2} \end{aligned} \right\}$$

де ΔC_x — координата середини поля допуску залежної ланки; T_x — допуск залежної ланки

б) Перевіряємо правильність призначення граничних розмірів за наступними формулами:

$$\Delta C_\Sigma = \sum_{i=1}^n (\Delta \bar{C}_i + \frac{\bar{\beta}_i}{2}) - \sum_{j=1}^n (\Delta \bar{C}_j + \frac{\bar{\beta}_j}{2})$$

де $\Delta \bar{C}_i, \Delta \bar{C}_j$ — середини полів допусків збільшуючих та зменшуючих ланок; $\bar{\beta}_i, \bar{\beta}_j$ — торцеве биття збільшуючих та зменшуючих ланок.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК	Аркуш
						5
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$\left. \begin{aligned} es_{\Sigma} &= \Delta C_{\Sigma} - \frac{T_{\Sigma}}{2} \\ ei_{\Sigma} &= \Delta C_{\Sigma} + \frac{T_{\Sigma}}{2} \end{aligned} \right\}$$

де ΔC_{Σ} – середина поля допуску замикаючої ланки; T_{Σ} – допуск замикаючої ланки.
 $A_{\Sigma} = 0_{+0,5}^{+1,5}$

Обчислення виконано коректно. Проте через високі вимоги до точності лінійних розмірів наступний етап аналізу розмірних ланцюгів виконуємо за ймовірнісним методом.

При розрахунках методом ймовірностей необхідно означити наступне:

1) Виявлення та зображення розмірних ланцюгів з виявленням розмірного ланцюга в розрахунках методом max-min

2) Розрахунок допуску проводимо за формулою нижче:

$$a = \frac{T_{\Sigma} - \sqrt{1,44 \cdot \sum T_{cm}^2 + 0,064 \cdot \sum T_{\Sigma}^2}}{1,2 \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^n i_i^2}}$$

де T_{Σ} – допуск вихідної ланки; T_{cm} – допуск стандартних деталей; i_i – одиниця допуску; n – кількість ланок ланцюга.

Знайдене значення кількості одиниць допуску, $a = 101_{мкм}$ відповідає значенням $IT10, IT11$ (та входить в межі інтервалу $a = 100 \div 160_{мкм}$).

Призначені квалітети заносимо до четвертого стовпця таблиці 1.2, а обрані поля допусків — до п'ятого. Величину торцевого биття визначаємо за таблицею 2.28 [2].

3) Перевірка правильності призначення допусків:

$$T_{\Sigma} = \sqrt{1,44 \cdot \sum T_i^2 + 0,72 \cdot \sum \beta_i^2}$$

де $\sum T_i^2$ – сума квадратів допусків; $\sum \beta_i^2$ – сума квадратів торцевого биття.

Похибка розрахунку склала $E = 1\%$, що менше допустимої похибки [$E = 5\%$]. Допуски призначені вірно.

4) Призначення граничних відхилень проводимо за аналогією з розрахунком розмірного ланцюга методом max-min. В якості залежного ланцюга обираємо A_4 та розміщуємо його в квадрат.

5) Визначення граничних відхилень залежного ланцюга обираємо із ряду зменшуючих ланок, розраховуємо по формулі:

$$\Delta \bar{C}_X = \sum_{i=1}^n [\Delta \bar{C}_i + \Delta \bar{\beta}_i + 0,05 \cdot (\bar{T}_i + \bar{\beta}_i)] - \sum_{j=1}^m [\Delta \bar{C}_j + \Delta \bar{\beta}_j + 0,05 \cdot (\bar{T}_j + \bar{\beta}_j)] - 0,05 \cdot T_{\Sigma} - [\Delta C_{\Sigma}]$$

де $\Delta C_i, \Delta C_j$ – координати середини полів допусків збільшуючих та зменшуючих ланок; $\Delta \bar{\beta}_i, \Delta \bar{\beta}_j$ – координати середини полів допусків торцевого биття збільшуючих та зменшуючих ланок; $\bar{T}_i, \bar{T}_j$ – допуски збільшуючих та зменшуючих ланок; T_{Σ} та ΔC_{Σ} – відповідно допуск та середина поля допуску вихідного ланцюга; $\bar{\beta}_i, \bar{\beta}_j$ – торцеве биття збільшуючих та зменшуючих ланок.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		6

На основі складального креслення та специфікації даного вузла складаємо схему складального з'єднання [3] (рисунок 1.1), яка показує порядок комплектації окремих вузлів та деталей.

На основі схеми складання даного вузла складаємо технологічну карту складання [3, 17], яка представлена у вигляді таблиці, що приведена нижче у вигляді таблиці 1.4.

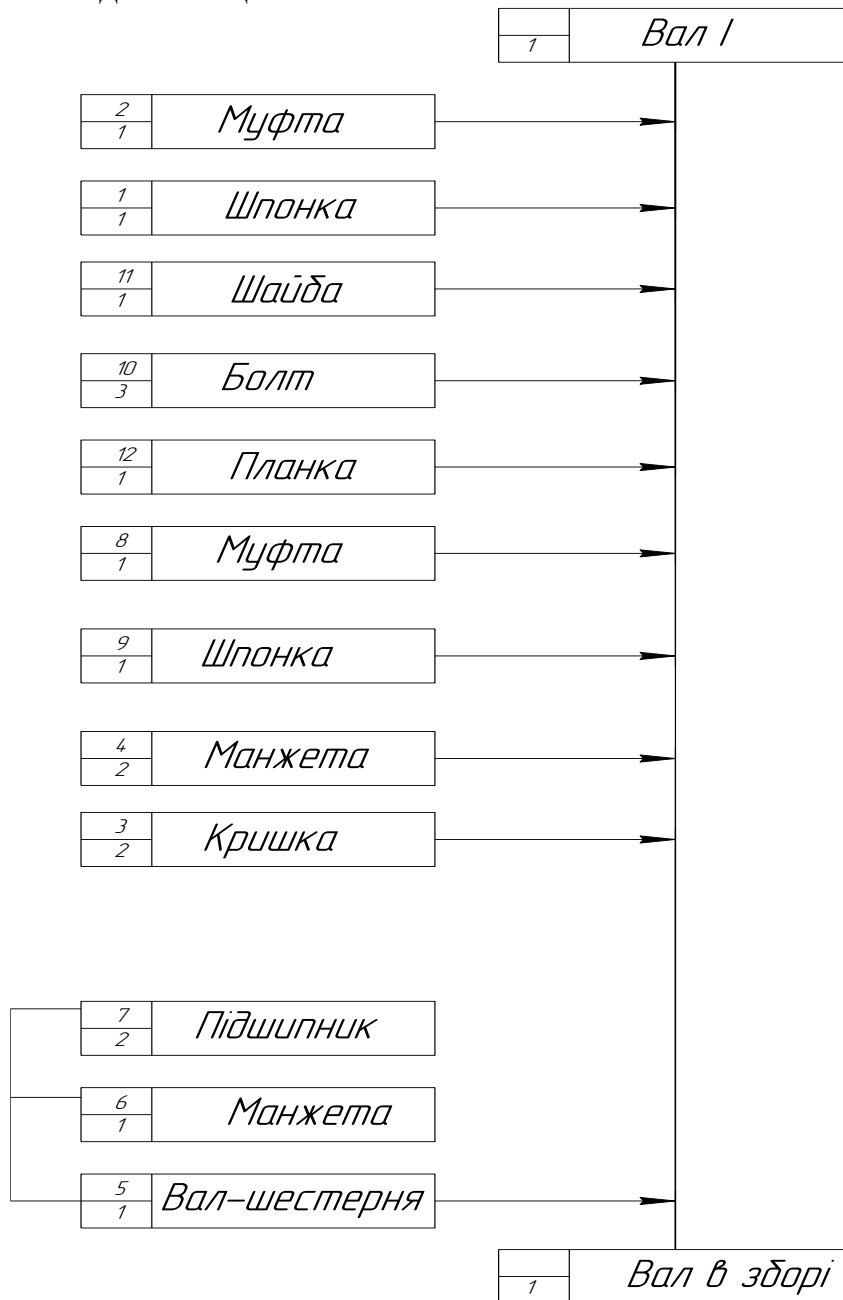


Рисунок 1.2 – Схема складання вузла Вал I

Таблиця 1.4 – Технологічна карта складання

№ пере- ходу	Зміст переходу	Технологіч- ний режим	Присто- сування	Істру- мент	Тшт., хв.
1	2	3	4	5	6
1.	Встановити вал у спеціальне пристосування				16,02
2.	Встановити вал навпроти втулки та запресувати				10,68
3.	Напресувати внутрішнє кільце підшипника на вал до упору				2,41
2.	Встановити вал навпроти втулки та запресувати				10,68
3.	Напресувати внутрішнє кільце підшипника на вал до упору		Оправка, прес	Пристрій для запресовування	1,15
4.	Повернути складальний комплект на 180°				0,1
5.	Напресувати внутрішнє кільце підшипника на вал до упору		Прес, оправка	Пристрій для запресовування	1,15
6.	Встановити манжету на вал				2,0
7.	Встановити кришку на вал в корпус				3,05
8.	Повернути складальний комплект на 180° та повторити переходи 6,7				6,17
9.	Пригнати та запресувати шпонку			Напил ок	2,1
10.	Встановити напівмуфту на вал				0,8
11.	Закріпити планку болтовим з'єднанням				2,86
12.	Повернути складальний комплект на 180°				0,8

Продовження таблиці 1.4

					КНУ.КБР.131.25.1-14.СК	Аркуш
						8
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5	6
13.	Пригнати та запресувати шпонку			Напил ок	2,1
14.	Встановити муфту на вал				3,47

Визначення штучно-калькуляційного часу здійснюється за формулою [4]:

$$T_{шт.к.} = T_{шт.} + \frac{T_{пз.}}{n};$$

де n – кількість виробів зібраних за зміну, в нашому випадку $n=10$ шт.,
 $T_{пз.}$ – час на отримання наряду, креслень, технологічних карт, інструментів, деталей, ознайомлення з роботою.

$$T_{шт.} = T_o + T_{доп.} + T_{від.} + T_{обсл.}$$

де T_o – головний час, який дорівнює $T_o = 10,68 \text{ хв.}$; $T_{доп.}$ – допоміжний час, який дорівнює:

$$T_{доп.} = T_o \cdot k;$$

де k – коефіцієнт, який описує переміщення деталі, що розташовувалася на підлозі майстерні.

$T_{від.}$ – час на відпочинок та власні потреби, він дорівнює $2\%T_o$ [4]

$T_{обсл.}$ – час на робочого місця, він також є $2\%T_o$ [4]

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ

2.1 Службове призначення деталі «Вал-шестерня». Вибір матеріалу та варіантів замін

Вал-шестерня – складова частина приводу млина барабанного зразка. Її функція полягає в передачі обертового зусилля та забезпеченні обертання корпусу млина, де відбувається дроблення рудної сировини. Окрім крутного моменту, вал-шестерня відчуває вплив поперечних сил та згинальних моментів. Вал-шестерня обертається в підшипниках, що гарантує стабільне положення осі обертання передачі.

Вимоги щодо похибок: максимальна точність зовнішніх габаритів і лінійних величин, включених до функціональних розмірних груп; надзвичайна точність форми та розташування циліндричних сполучених і окремих торцевих площин.

Вал-шестерня виготовляється із сталі марки 40ХН2МА ДСТУ 4543-71.

Ця сталь - легована, конструкційна, хромонікельмолібденова. Двозначні числа на початку позначення вказують на середній вміст вуглецю, виражений у сотих частках відсотка. Букви справа від числа позначають легуючий елемент: Х - хром, Н - нікель, М - молібден. Цифри після букв вказують на приблизний вміст легуючого елемента у цілих відсотках; якщо цифра відсутня, це означає вміст до 1,5% включно. Хімічний склад сталі 40ХН2МА [5] наведено в таблиці 2.1.

C		Mn	Si	Cr	Ni	Mo	P	S	Cu
							не більше		
0,37-0,44		0,50-0,80	0,17-0,37	0,60-0,90	1,25-1,65	0,15-0,25	0,025	0,025	0,30

Буква А в кінці найменування марки вказує на високоякісну сталь. Високоякісна сталь містить менше шкідливих домішок ($\leq 0,025\%$ S та $0,025\%$ P).

Леговані сталі (ДСТУ 4543-71) використовують для сильно навантажених та особливо великих виробів, серцевина яких повинна мати високу межу текучості, а верхній шар – високу міцність (при високій зносостійкості). Для деталей відповідального призначення, працюючих на зношення при висок граничних навантаженнях, застосовують хромонікелеві та більш високолеговані сталі.

Одночасне легування хромом та нікелем сприяє зростанню міцності, пластичності й ударної в'язкості основи. Її структура в основі – низьковуглецевий

					КНУ.КБР.131.25.1-14. ТЕА				
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ПРОЕКТУ				
Разроб.	Листопад								
Перевір.	Кіянбський								
Н. Контр.	Нечаєв								
Затверд.	Рязанцев								
					Літ.	Арк.	Акрушів		
							каф. ТМ гр. ПМ-21		

мартенсит або нижній бейніт, що забезпечує чудовий набір механічних характеристик, представлених у таблиці 2.2 [5]:

Таблиця 2.2 – Механічні властивості сталі 40ХН2МА (ДСТУ 4543-71)

Стан постачання, режим термообробки	Перетин, мм	σ_s	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ	KCU, <i>Дж/см²</i>	HRC
		МПа		%			
Круг. Загартування 850 °С, мастило. Відпуск 620°С, вода	50	1080	930	12	50	78	33

Хромонікелеві сталі малочутливі до перегріву. Велика стійкість переохолодженого аустеніту в області перлітного, а також проміжного перевтілення забезпечує високу прокалюваність хромонікелевої сталі. Критичний діаметр (для 95 % мартенситу) при закалюванні в мастилi складає 25-80 мм.

Легування хромонікелевих сталей молібденом додатково підвищує стійкість переохолодженого аустеніту, а внаслідок прокалюваностi. Критичний діаметр досягає 100 мм та більше.

В якості заміни беремо сталь 45ХН2МФА, яка за своїм хімічним складом та механічним властивостям відповідає сталі 40ХН2МА. Хімічний склад та механічні властивості сталі 45ХН2МФА [5] приведені відповідно в таблицях 2.3 та 2.4:

Таблиця 2.3 – Хімічний склад сталі 45ХН2МФА (ДСТУ4543-71), %

C	Mn	Si	Cr	Ni	Mo	V	P	S	Cu
							не більше		
0,42- 0,50	0,50- 0,80	0,17-0,37	0,80- 1,10	1,30- 1,80	0,20- 0,30	0,10- 0,18	0,025	0,025	0,30

Таблиця 2.4 – Механічні властивості сталі 45ХН2МФА (ДСТУ 4543-71)

Стан постачання, режим термообробки	Перетин, мм	σ_s	$\sigma_{o,2}$	δ	ψ	KCU, Дж/см ²	HRC
		МПа		%			
Загартування 860 °С, мастило. Відпуск 450°С, мастило	50	1080	930	12	50	78	33

2.2 Аналіз якості поверхонь деталей

На кресленні деталі позначимо номери оброблюваних поверхонь, як показано на рисунку 2.1.

Основними поверхнями є поверхні – 4, 10, 5 (рис. 2.1); допоміжні поверхні – 15, 14, 16; вільна поверхня – 8; виконавча поверхня – 9.

До основних поверхонь висунуто високі вимоги – $\varnothing 140m6$ з шорсткістю $Ra_{0,8}$. До допоміжних та виконавчих поверхонь висунуто нормальні вимоги, відповідно – $32N9$ з шорсткістю $Ra_{6,3}$ та $\varnothing 190,2 IT11$ з шорсткістю $Ra_{6,3}$.

Вимоги до поверхонь деталі подано у вигляді таблиці [2, 6, 7] 2.5.

Таблиця 2.5 – Аналіз якості поверхонь деталі «Вал-шестерня»

№ пов.	Номінальний розмір	Квалітет ІТ	Допуск Т або відхилення розміру	Шорсткість Ra	Відхилення форми та розташування поверхонь
1	2	3	4	5	6
1	1298	11	0,78	12,5	
2	$\varnothing 130$	r6	+0,088 +0,063	1,6	
3	$\varnothing 140$	h9	–0,1	6,3	
4	$\varnothing 140$	m6	+0,040 +0,015	0,8	База В  0,02
5	75	11	0,19	1,6	 0,03 Б В
6	$\varnothing 190,2$	11	0,29	6,3	 0,06 Г В
7	$\varnothing 140$	m6	+0,040 +0,015	0,8	База В  0,02
8	$\varnothing 140$	h9	+0,01	6,3	
9	$\varnothing 130$	r6	+0,088 +0,063	1,6	
10	$\varnothing 15$	14	0,43	6,3	
13	32	N9	–0,062	6,3	
14	M16×40	11		12,5	

Аналіз якості поверхонь показав, що співвідношення показників точності відповідає заданому правилу:

$$T1 > T2 > T3 ,$$

де $T1$ – допуск на розмір, $T2$ – допуск на макрогеометрію, $T3$ – допуск на мікрогеометрію.

Наприклад для поверхні 4: $T1=0,025$, $T2=0,02$, $T3=0,008$ мкм

$$0,025 > 0,02 > 0,008,$$

Умова виконується

2.3 Технічний контроль робочого креслення

Робочий проєкт вміщує один вигляд та два перерізи, що дають змогу скласти цілісне уявлення про конструктивні особливості деталі. Лінійний розмір $\varnothing 190,2$ не відповідає стандартному ряду величин, проте змінювати його не планується, враховуючи службову потребу.

На кресленні нанесено всю необхідну інформацію стосовно допусків.

Базовими поверхнями визначено посадочні місця для підшипників – бази Б та В.

Відхилення форми прописані в технічних умовах, їх систематичне зазначення передбачене вимогами, що й відображено на кресленні.

У правому верхньому кутку нанесено не вказану шорсткість $Ra12,5$. Шорсткість $Rz20$ змінюємо згідно з ДСТУ 14034-74 на $Ra6,3$. Шорсткості $Ra1,25$ та $Ra2,5$ не входять до першого ряду шорсткості, тому їх замінюємо відповідно на $Ra0,8$ та $Ra1,6$.

В технічних вимогах також визначено вимоги до твердості: 48...54 HRC.

В основному написі вказано: матеріал – сталь 40ХН2МА

ДСТУ 4543-71, маса – 154,5 кг, масштаб 1:25.

Зазначеної інформації достатньо для однозначного розуміння креслення та оцінки якості деталі.

2.4 Вибір діючого заводського чи типового технологічного процесу деталі

Для вибору прототипу технологічного процесу необхідно здійснити кодування деталі на основі класифікатора ЕСКД [8].

					КНУ.КБР.131.25.1-14. ТЕА	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		4

Таблиця 3.1 - Основні ознаки технологічної класифікації деталі.

721551

Код класифікаційного угруповування конструктивних ознак. Деталь загальномашинобудівного застосування – тіло обертання з елементами зубчатого зачеплення з відповідною поза вісю деталю типу диск

	A34	02	4	23	3	2
Розмірна характеристика, мм: найбільший зовнішній діаметр – 256; довжина – 165; діаметр центрального отвору – 130						
Група матеріалу – сталь вуглецева конструкційна легрована (сталь дсту 543-71)						
Вид деталі за технологічним процесом – деталь, що оброблюється різанням						
Вид вихідної заготовки – поковка						
Квалітет точності розмірів зовнішніх поверхонь – 8						
Квалітет точності розмірів внутрішніх поверхонь – 7						

Показник якості поверхонь:

Ra = 1,6 мкм – код 3

Деталь з елементами зубчатого зачеплення – код 1

Характеристика термічної обробки:

HRC ≥ 40 – код 2

Вагова характеристика деталі – код А.

Повний конструкторсько-технологічний код деталі «Втулка» має вигляд:
721551A340242332312A.

2.5 Вибір і техніко-економічне обґрунтування заготовок

Аналізуючи конструктив, масу, матеріал та технологію виробництва, ми визначаємо методи отримання заготовки та аргументуємо їх, використовуючи матрицю впливу факторів [9]. Ця матриця наведена у вигляді таблиці 3.1.

Таблиця 3.2 – Матриця впливу факторів

Фактор	Розмір заготовки	Потрібна точність та якість	Технологічні властивості матеріалу	Річна програма випуску	Тип виробництва	Собівартість
Метод						
Прокат	+	–	+	–	+	+
Штапування на молотах	+	–	+	+	+	–
Радіальне обтискування	+	+	+	+	+	–

3 ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

3.1 Проектування заготовок

Для техніко-економічного обґрунтування розглянемо два варіанти виробництва заготовок: штампування на молотах та радіальне обтискання. Обґрунтування вибору способу виробництва заготовки для подальшої обробки проведемо, зосереджуючись на собівартості.

Собівартість заготовки визначаємо за формулою:

$$S_{\text{заг.}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot k_T \cdot k_C \cdot k_B \cdot k_M \cdot k_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{отх}}}{1000}$$

де C_i – базова вартість 1т заготовки, грн.; q – маса деталі, кг; Q – маса заготовки, кг; $S_{\text{отх.}}$ – ціна 1 т відходів, грн.; $k_T, k_C, k_B, k_M, k_{\Pi}$ – коефіцієнти які відповідно залежать від класу точності, групи складності, маси, матеріалу, об'єму виробництва заготовок.

Визначаємо вартість штампування на молотах:

$$S_{\text{заг.1}} = \left(\frac{5360}{1000} \cdot 231 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,61 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (231 - 154,5) \cdot \frac{0,45}{1000} = 1326,7 \text{ грн.}$$

Визначаємо вартість штамповки на радіально-обтискних машинах:

$$S_{\text{заг.2}} = \left(\frac{5360}{1000} \cdot 193,1 \cdot 1 \cdot 0,88 \cdot 1,61 \cdot 1 \cdot 0,8 \right) - (193,1 - 154,5) \cdot \frac{0,45}{1000} = 1173 \text{ грн.}$$

Визначаємо річний економічний ефект за формулою:

$$\mathcal{E}_r = (S_{\text{заг.1}} - S_{\text{заг.2}}) \cdot N$$

де N – річна програма випуску;

$$\mathcal{E}_r = (1326,7 - 1173) \cdot 5000 = 768500.$$

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ПТП						
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата							
Разроб.		Листопад			ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ			Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Кіяндовский									
Н. Контр.		Нечаєв									
Затверд.		Рязанцев									
					каф. ТМ гр. ПМ-21						

3.2 Вибір і обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі «Вал-шестерня»

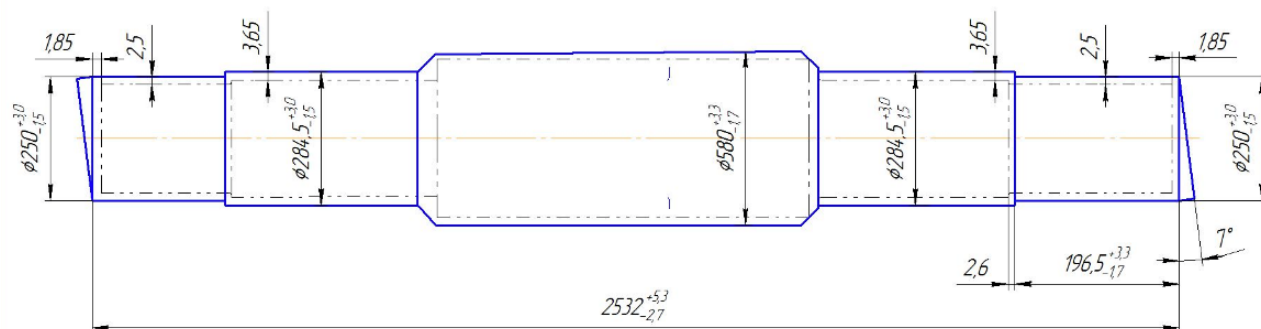


Рисунок 3.1- Заготовка

Визначимо кількість послідовних переходів, поступово наближаючись до необхідної точності та шорсткості, для зовнішніх, внутрішніх та торцевих поверхонь [6]. Інформацію представимо у таблиці 3.4. При заповненні таблиці 3.4, будемо використовувати нумерацію поверхонь, яка застосовувалася під час аналізу якості поверхонь деталі (рисунок 2.1). Заповнюємо таблицю 3.4 для всіх поверхонь.

Таблиця 3.4 – Послідовність обробки поверхонь

№ поверхні, розмір	Найменування переходів	Шорсткість, Ra	Точність ІТ	Допуск Т
1	2	3	4	5
1 L=1298 мм	Заготовка	12,5	14	3,1
	Чорнове точіння	6,3	13	1,96
	Підрізання торця	6,3	11	0,780
	Центрування торця	3,2	10	0,500
2 Ø130r6	Напівчистове точіння	6,3	11	0,250
	Чистове точіння	3,2	9	0,100
	Шліфування	1,6	r6	+0,088 +0,063
3 Ø140h9	Нпівчистове точіння	6,3	11	0,250
	Чистове точіння	3,2	h9	0 -0,100
4 Ø140m6	Напівчистове точіння	6,3	11	0,250
	Чистове точіння	3,2	9	0,100
	Шліфування	1,6	6	+0,040 +0,015
5 L=175 мм	Напівчистове підрізання торця	3,2	11	0,190
	Чистове підрізання торця	1,6	9	0,074
6	Напівчистове точіння	6,3	11	0,250

Ø165				
9	Напівчистове точіння	6,3	14	1,15
Ø190,2	Нарізування зуб їв	3,2	14	1,15

3.3 Розробка маршруту обробки деталі «Вал-шестерня»

На базі основного технологічного процесу та поставлених задач проектування створюємо технологічну послідовність обробки деталі, представлену у вигляді [6, 7, 18]

таблиці 3.6. Номери поверхонь беремо ті самі, що й застосовувались при аналізі якості поверхонь деталі (рисунок 2.1).

Таблиця 3.6 – Маршрут обробки деталі «Вал-шестерня»

№ операції	Найменування операції	№ оброблюваної поверхні	№ базованої поверхні	Тип, модель верстата
1	2	3	4	5
005	Заготівельна			
010	Термічна			
015	Токарна			Верстат моделі 16К30Ф305
	Установ А	2, 15	12, 11	
	Установ Б	12, 16	2, 3	
020	Токарна			Верстат моделі 16К30Ф305
	Установ А	2, 3, 4, 6	12, 2, 8	
	Установ Б	9, 10, 11, 12	2, 12, 8	
025	Зубофрезерна	9	2, 12, 11	Верстат моделі 5В370
030	Горизонтально-розточувальна	13, 14	2, 3, 11	Верстат моделі 2А637Ф2
035	Горизонтально-розточувальна	15	2, 3, 11	Верстат моделі 2А637Ф2
0450	Токарна чистова			Верстат моделі 16К30Ф305
	Установ А	2, 4	12, 2, 8	
	Установ Б	12, 10	2, 12, 8	
045	Термічна			
050	Круглошліфувальна	2, 4, 12, 10	2, 12, 8	Кругло-Шліфувальний верстат моделі 3А172
055	Контрольна			

3.4 Аналітичний розрахунок припусків на зовнішню циліндричну поверхню деталі «Вал-шестерня»

Виконуємо розрахунок припусків для діаметрального розміру $\varnothing 140_{\pm 0,06}$ [6, 21, 22, 23]. Послідовність операцій спираємось на таблиці 3.1 та 3.2, розділи 3.3 і 3.4.

Порядок розрахунку:

1. Створюємо таблицю припусків на обробку та граничних розмірів відповідно до технологічних операцій. Вносимо інформацію у таблицю 3.10.
2. Фіксуємо в таблиці 3.10 технологічні переходи обробки у хронологічному порядку їх реалізації – від чернеткової заготовки до фінішної обробки.
3. Визначаємо значення шорсткості R_z до R_a та глибину деформованого шару h для кожної операції обробки.
4. Розраховуємо просторове відхилення за допомогою формули:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma K}^2 + \Delta_{\Pi}^2}$$

де $\Delta_{\Sigma K}$ – відхилення осі деталі від прямолінійності; Δ_{Π} – зміщення осі заготовки в результаті похибки центрування, мкм

$$\Delta_{\Sigma K} = \Delta_K \cdot l$$

де $\Delta_K = 0,3$ – кривизна профілю; $l = 1302_{\text{мм}}$ – довжина заготовки.

$$\Delta_{\Sigma K} = 0,3 \cdot 1302 = 390,6_{\text{мкм}}$$

Симетрія осі заготовки в результаті похибки центрування визначається за формулою:

$$\Delta_{\Pi} = 0,25 \cdot \sqrt{T^2 + 1}$$

де $T = 0,6$ – допуск на заготовку,

$$\Delta_{\Pi} = 0,25 \cdot \sqrt{0,6^2 + 1} = 916_{\text{мкм}}$$

Величина просторового відхилення дорівнює:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{390,6^2 + 916^2} = 995_{\text{мкм}}$$

Залишкова просторова девіація, що виникає після кожного етапу технологічного переходу, обчислюється за допомогою формули:

$$\Delta_{\text{ост.}} = k_y \cdot \Delta_{\Sigma}$$

де k_y – коефіцієнт уточнення.

$k_y = 0,06$ – чорноветочіння; $k_y = 0,05$ – напівчистове точіння; $k_y = 0,04$ – чистове точіння; $k_y = 0,03$ – шліфування; $k_y = 0,02$ – шліфування.

1. Похибка встановлення заготовки в радіальному напрямлені $E = 0$ (при встановленні в центрах).

2. Визначимо розрахунковий припуск $2z_{\min}$ для кожного технологічного переходу за формулою:

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (R_{zi+1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{i-1}^2 + E_i^2})$$

Де мікронерівності поверхні, що залишилися після завершення попереднього переходу; глибина дефектного шару на наступному етапі обробки; просторове

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ПТП	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		4

відхилення на наступному етапі; похибка встановлення заготовки на поточному етапі.

7. Для кінцевого переходу в колонку «Розрахунковий мінімальний розмір» таблиці 3.10 внесемо найменший граничний розмір деталі з креслення. Далі, визначимо розрахункові розміри для кожного наступного переходу, додаючи до розрахункового припуску припуск наступного, суміжного переходу.

$$d_{\min i-1} = d_{\min i} + z_{\min 1}$$

8. Визначимо величину допуску на обробку для кожного технологічного переходу, позначивши його як Td .

9. Встановимо мінімальні граничні розміри для всіх технологічних переходів, заокруглюючи отримані розрахункові розміри в бік збільшення.

10. Визначаємо максимальні граничні розміри, додаючи допуск до округленого найменшого граничного розміру.

Округленого найменшого граничного розміру:

$$d_{\max i} = d_{\min i} + Td$$

11. Встановлюємо межові значення припусків, обчислюючи їх як різницю між найменшими граничними розмірами.

А також, як різницю найбільших граничних розмірів попереднього та фінального переходів.

$$\begin{aligned} 2z_{\min i} &= d_{\min i-1} - d_{\min i} \\ 2z_{\max i} &= d_{\max i-1} - d_{\max i} \end{aligned}$$

3. Визначаємо загальні припуски $z_{o \max}$ та $z_{o \min}$, додаємо проміжкові припуски на обробку

$$\begin{aligned} 2z_{o \max} &= \sum 2z_{o \max i} \\ 2z_{o \max} &= 610_{\text{мкм}} \\ 2z_{o \min} &= \sum 2z_{o \min i} \\ 2z_{o \min} &= 385_{\text{мкм}}. \end{aligned}$$

4. Проводимо перевірку розрахунків за формулою:

$$2z_{o \max} - 2z_{o \min} = Td_3 - Td_{\text{Д}}$$

$$610 - 385 = 250 - 25$$

$$225 = 225$$

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ПТП	Аркуш
						5
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

4 ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ

4.1 Вибір типу інструментів для обробки поверхонь деталі

Беручи до уваги кількість та характер технологічних операцій, запланованих для обробки поверхонь, здійснюється добір сучасних типів інструментів, які представлені в асортименті як вітчизняних, так і зарубіжних виробників. Для кожної конкретної поверхні деталі обґрунтовується вибір відповідного інструменту, що забезпечує необхідну якість обробки. Підібрані інструменти наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Підібрані типи інструментів для обробки поверхонь деталі

№ з/п	Найменування операцій	Тип інструменту	Примітка
1	2	3	4
1, 21	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	-
2, 17	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
3	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Попереднє шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг	-
4, 7, 14	Чорнове точіння	Канавковий різець	-
5	Чорнове точіння Напівчистове точіння	Прохідний різець	-
6	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Попереднє шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг	-
8, 13	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	-
9	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння	Прохідний різець	-
10	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
11 , 3	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	-

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-14.ВРІ</i>			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Разроб.	Листопад				ВИБІР РІЗУЧИХ ТА ДОПОМІЖНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЗА МІЖНАРОДНИМИ СТАНДАРТАМИ			
Перевір.	Кіянський							
Н. Контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев							
						Літ.	Арк.	Акрушів
						каф. ТМ гр. ПМ-21		

12	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
15	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
16	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	-
17	Чорнове точіння Напівчистове точіння Чистове точіння Попереднє шліфування	Прохідний різець Шліфувальний круг	-
19	Чорнове підрізання торця	Підрізний різець	-
20	Чорнове точіння	Прохідний різець	-
22	Чорнове фрезерування Напівчистове фрезерування Чистове фрезерування	Кінцева фреза	-
23	Чорнове фрезерування Напівчистове фрезерування Чистове фрезерування	Шпонкова фреза	-
24	Чорнове свердління	Свердло	-
25	Чорнове свердління Цекування Нарізання різьблення	Свердло Цековка Мітчик	-
26	Чорнове свердління Цекування Нарізання різьблення	Свердло Цековка Мітчик	-
27	Зубонарізання	Дискова модульна фреза	-

4.2 Вибір сучасного металорізального інструменту

Під час визначення типів металорізальних інструментів беруться до уваги фізико-механічні властивості матеріалу деталі, особливості операцій обробки, а також технічні характеристики обладнання, яке використовується у виробництві. Для кожної групи інструментів уточнюються параметри ріжучої частини, її геометрія, а також матеріал корпусної частини (державок, хвостовиків), з урахуванням експлуатаційних навантажень.

Подальший підбір здійснюється серед асортименту як вітчизняних, так і зарубіжних виробників. До уваги береться забезпечення оптимальних режимів різання та стійкості інструменту в процесі обробки. Підібрані інструменти узагальнено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Параметри ріжучої частини застосованого інструменту

№ позиції	Вид інструменту	Матеріал ріжучої частини	Матеріал корпусної частини (державки)	Геометричні характеристики різальної частини
1	2	3	4	5

2,17	Прохідний різець	Для чорнової обробки — UE6105	Сталь 40	Кут $\varepsilon = 90^\circ$
3	Прохідний різець	Чорнова — UE6105; Напівчистова — UE6105; Чистова — UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ; 60^\circ; 55^\circ$
3,8,10	Канавковий різець	VP10RT	Сталь 40	-
5	Прохідний різець	Для чорнової обробки — UE6105; для напівчистової — UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ; 60^\circ$
6	Прохідний різець	Чорнова — UE6105; Напівчистова — UE6105; Чистова — UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ; 60^\circ; 55^\circ$
8,13	Підрізний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
9	Прохідний різець	Чорнова — UE6105; Напівчистова — UE6105; Чистова — UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ; 60^\circ; 55^\circ$
10	Прохідний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
11,12	Підрізний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
13	Прохідний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
14	Прохідний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
17	Прохідний різець	Чорнова — UE6105; Напівчистова — UE6105; Чистова — UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ; 60^\circ; 55^\circ$
19	Підрізний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$
20	Прохідний різець	UE6105	Сталь 40	$\varepsilon = 90^\circ$

16	Кінцева фреза	Чорнова — UWC; Чистова — UWC	У10	-
13	Шпонкова фреза	Чорнова — UWC; Чистова — UWC	У10	-
17	Свердло	3 покриттям PVD: TiAlN	У10	-
17	Свердло, Цековка, Мітчик	Для свердління — TiAlN+TiN; Цекування — ; Нарізання різьби — TiAlN	У10	-
18	Свердло, Цековка, Мітчик	Для свердління — TiAlN+TiN; Цекування — ; Нарізання різьби — TiAlN	У10	-

4.3 Геометричні параметри оснащення та інструменту для обробки деталі

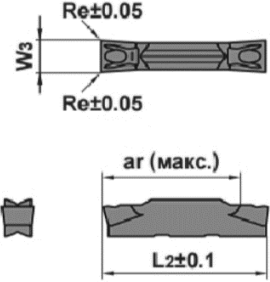
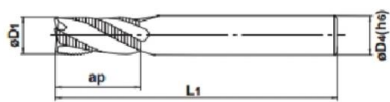
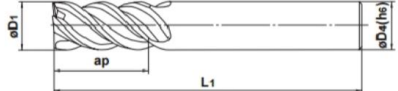
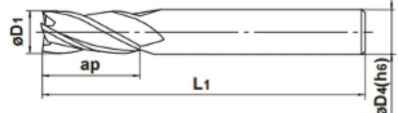
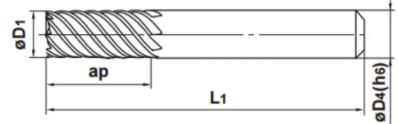
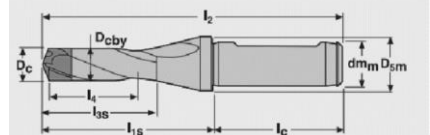
Геометричні характеристики інструментів визначаються відповідно до виду операцій, розмірів оброблюваних поверхонь та вимог до точності обробки. Для кожної групи ріжучого та допоміжного оснащення підібрано основні конструктивні розміри державок, пластин, свердел, фрез і мітчиків з урахуванням стійкості інструментальної системи.

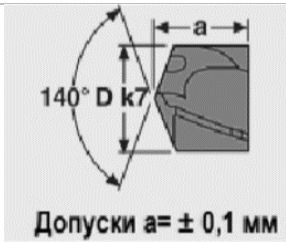
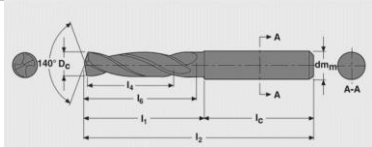
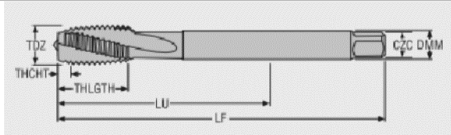
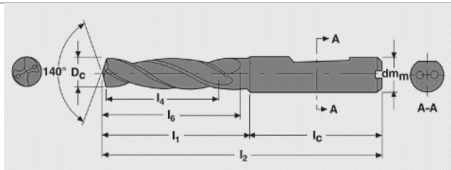
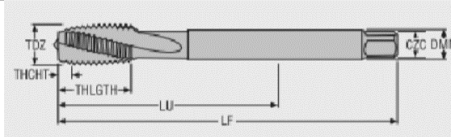
Розрахунок параметрів проведено з урахуванням нормативних вимог та рекомендацій виробників. Отримані дані забезпечують раціональний підбір інструментального оснащення для стабільної роботи технологічної операції та наведені у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 — Геометричні параметри інструментів для обробки деталі

Позиції , вид обробки	Назва інструменту	Ескіз	Геометричні параметри	Покриття / Матеріал
-----------------------------	----------------------	-------	--------------------------	---------------------------

3,4,6,7, 8,9,10,1 1,15 — чорнов е точіння	Державка PSSNR25 25M12		H ₁ =25 мм; B=25 мм; L ₁ =150 мм; L ₂ =31 мм; H ₂ =25 мм; F ₁ =32 мм; F ₂ =24 мм	—
3,4,6,7, 8,9,10,1 1,15 — чорнов е точіння	Пластина SNMG12 0416-GH		D ₁ =12,7 мм; S ₁ =4,76 мм; Re=1,6 мм; D ₂ =5,16 мм	UE6 105 (CV D)
3,4,6,7, 8,9,10,1 1,15 — пів чистов е точіння	Державка DTGNR2 525M16		H ₁ =25 мм; B=25 мм; L ₁ =150 мм; L ₂ =25 мм; H ₂ =25 мм; F ₁ =32 мм	—
3,5,6,9, 17 — пів чистов е точіння	Пластина TNMG16 0408-MP		D ₁ =12,7 мм; S ₁ =4,76 мм; Re=0,8 мм; D ₂ =3,81 мм	UE6 105 (CV D)
3,5,6,9, 17 — чистов е точіння	Державка SDJCR25 25M11		H ₁ =25 мм; B=25 мм; L ₁ =150 мм; L ₂ =25 мм; H ₂ =25 мм; F ₁ =32 мм	—
3,5,6,9, 17 — чистов е точіння	Пластина DCMT11 T308-SV		D ₁ =9,525 мм; S ₁ =3,97 мм; Re=0,8 мм; D ₂ =4,4 мм	UE6 105 (CV D)
5,8,10 — точінн я канаво к	Державка GYPR252 5M00- K25		H ₁ =25 мм; B=25 мм; L ₁ =170 мм; L ₂ =47 мм; H ₂ =32 мм; F ₁ =28 мм; S ₃ =7 мм;	—

			ar=25 мм; D ₁ =50 мм	
5,8,10 — точіння канаво к	Пластина 0800K08 0N-MM		W ₃ =8 мм; Re=0,8 мм; L ₂ =30 мм	VP1 0RT (PV D)
16 — чорнов е фрезер ування	Фреза VFFSPR D2000		D ₁ =20 мм; ap=38 мм; L ₁ =100 мм; D ₄ =20 мм (4 зуба)	UW C (VF)
16 — чистов е фрезер ування	Фреза MSMHV D2000E		D ₁ =20 мм; ap=45 мм; L ₁ =110 мм; D ₄ =20 мм (4 зуба)	UW C (MS)
13 — чорнов е фрезер ування шпонк ового паза	Фреза MS4MC D1600E		D ₁ =16 мм; ap=32 мм; L ₁ =90 мм; D ₄ =16 мм (4 зуба)	UW C (MS)
13 — чистов е фрезер ування шпонк ового паза	Фреза MS8MH D2000E		D ₁ =20 мм; ap=36 мм; L ₁ =100 мм; D ₄ =20 мм (8 зубів)	UW C (MS)
17 — свердлі ння	Свердло SD101- 22.00-40- 25R7		l ₂ =129,5 мм; l _{1s} =73,5 мм; l _{3s} =53,5 мм; lc=56 мм; Dcby=21,5 мм;	—

			dmm=25 mm; D_{5m}=31 mm; Dc=22-24 mm	
17 — свердлі ння	Накінецьн ик SD100- 22.00-P	 Допуски a = ± 0,1 мм	D=22 мм; a=15,2 мм	TiAl N
17 — свердлі ння	Свердло SD203- 14.0-37- 14R5		Dc=14 мм; l₄=38 мм; l₂=107 мм; l₁=62 мм; l_c=45 мм; l₆=60 мм; dmmh₆=14 mm	TiAl N+Ti N
17 — нарізан ня різьби	Мітчик MTH- M16X2.0 0ISO6H		TDZ=M16; Шаг=2 мм; DMM=12 мм; LU=68 мм; THLGTH= 25 мм; LF=110 мм; CZC=12.00 ×9.00 мм	TiAl N
18 — свердлі ння	Свердло SD203A- 6.8-25- 8R5		Dc=6,8 мм; l₄=25 мм; l₂=79 мм; l₁=43 мм; l_c=36 мм; l₆=34 мм; dmmh₆=8 mm	TiAl N+Ti N
18 — нарізан ня різьби	Мітчик MTH- M8X1.25 ISO6H		TDZ=M8; Шаг=1,25 мм; DMM=10 мм; LU=20 мм; THLGTH=	TiAl N

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата
-------	-------	-------------	--------	------

КНУ.КБР.131.25.1-14.BPI

Аркуш

7

			20 мм; LF=100 мм; CZC=10.00 ×8.00 мм	
--	--	--	--	--

4.4 Вибір типорозміру ріжучих інструментів

При виборі типорозмірів металорізальних інструментів враховуються характер обробки, різновид інструменту, геометричні параметри ріжучої частини та габаритні розміри, що визначаються із урахуванням потужності устаткування. На основі цих даних підбираються відповідні типорозміри інструментів, що виробляються як вітчизняними, так і закордонними підприємствами.

Додатково, для кожної оброблюваної поверхні створюється ескіз підбраного ріжучого інструменту. Всі отримані результати узагальнено у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Типорозміри ріжучих інструментів

№ позиції	Вид інструменту	Основні геометричні розміри	Матеріал ріжучої частини	Позначення інструменту за стандартами
3,5,6,9	Прохідний різець (напівчистова обробка)	H1=25мм, B=25мм; L1=150мм, L2=25мм; H2=25мм; F1=32мм; D1=12,7мм; S1=4,76мм; Re=0,8мм; D2=3,81мм	UE6105	Державка DTG NR2525M16; Пластина TNMG160408-MP
3,4,6,7,8,9,10,11	Прохідний різець (чорнова обробка)	H1=25мм, B=25мм; L1=150мм, L2=31мм; H2=25мм; F1=32мм; F2=24мм; D1=12,7мм; S1=4,76мм; Re=1,6мм; D2=5,16мм	UE6105	Державка PSS NR2525M12; Пластина SNMG120416-GH

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ВРІ	Аркуш
						8
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

3,5,6,9	Прохідний різець (чистова обробка)	H1=25мм, B=25мм; L1=150мм, L2=25мм; H2=25мм; F1=32мм; D1=9,525мм; S1=3,97мм; Re=0,8мм; D2=4,4мм	UE6105	Державка SDJCR2525M1 1; Пластина DCMT11T308- SV
3,8,10	Канавковий різець	H1=25мм, B=25мм; L1=170мм, L2=47мм; H2=32мм; F1=28мм; S3=7мм; α =25мм; D1=50мм; W3=8мм; Re=0,8мм; L2=30мм	VP10RT	Державка GYPR2525M0 0-K25; Пластина 0800K080N- MM
13	Шпонкова фреза	D1=16мм, ap=32мм, L1=90мм, D4=16мм (4 зуба); D1=20мм, ap=36мм, L1=100мм, D4=20мм (8 зубів)	VF (чорнова), MS (чистова)	Чорнова: MS4MCD1600 E; Чистова: MS8MHD2000 E
16	Торцева фреза	D1=20мм, ap=38мм, L1=100мм, D4=20мм (4 зуба); D1=20мм, ap=45мм, L1=110мм, D4=20мм (4 зуба)	VF (чорнова), MS (чистова)	Чорнова: VFFSPRD2000 ; Чистова: MSMHVD2000 E
17	Свердло (основне свердління)	l4=129,5мм; l2=73,5мм; lc=56мм; l3=53,5мм; Dcby=21,5мм;	PVD: TiAlN	SD101-22.00- 40-25R7; SD100-22.00-P

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-14.ВРІ

Аркуш

9

		dmm=25мм; D5m=31мм; Dc=22мм; D=22мм; a=15,2мм		
17	Свердло, мітчик (M16)	l4=38мм; l2=107мм; l1=62мм; lc=45мм; l6=60мм; dmmh6=14мм; Dc=14мм; TDZ=M16; Шаг=2мм; THLGTH=25мм; DMM=12мм; LU=68мм; LF=110мм; CZC=12.00×9.00 мм	TiAlN + TiN (чорнове); TiAlN (різьбонарізан ня)	Свердло SD203-14.0-37- 14R5; Мітчик MTH- M16X2.00ISO6 H-BC-P002
18	Свердло, мітчик (M8)	l4=25мм; l2=79мм; l1=43мм; lc=36мм; l6=34мм; dmmh6=8мм; Dc=6,8мм; TDZ=M8; Шаг=1,25мм; THLGTH=20мм; DMM=10мм; LU=20мм; LF=100мм; CZC=10.00×8.00 мм	TiAlN + TiN (чорнове); TiAlN (різьбонарізан ня)	Свердло SD203A-6.8- 25-8R5; Мітчик MTH- M8X1.25ISO6 H-BC-P001

Перевірка міцності та жорсткості державки різця

Розрахунок допустимого зусилля на жорсткість державки здійснюється за формулою:

$$P_{\text{зжорс}} = \frac{3fEj}{l^3}$$

Підставляючи відомі значення, маємо:

$$P_{\text{зжорс}} = \frac{3fEj}{l^3} = \frac{3 * 0,1 * 10^{-3} * 2 * 10^{11} * 3,25 * 10^{-8}}{(65 * 10^{-3})^3} = 7100 \text{ Н} \quad (4.1)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ВРІ	Аркуш
						10
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

де:

- $f=0,1$ — максимально припустима стріла прогину під час чорнового точіння;
- $E=2 \cdot 10^{11}$ — модуль пружності матеріалу державки;
- J — момент інерції прямокутного перерізу державки.

Момент інерції визначаємо за формулою:

$$J = \frac{bh^3}{12} = \frac{25 \cdot 25^3}{12} = 32500 \text{ мм}^4. \quad (4.2.)$$

Виконуємо перевірку державки на міцність і жорсткість, враховуючи допустиме навантаження:

$R_{\text{доп}} > R_z < R_{\text{жорс}}$, (4.2)

де:

$8000 > 3540 < 7100$.

Оскільки умова дотримується, можна зробити висновок:

обрана державка забезпечує достатню міцність та жорсткість для виконання операції чорнового точіння.

4.5 Вибір типорозміру допоміжних інструментів

При визначенні допоміжних інструментів враховуються параметри посадочних поверхонь металорізальних верстатів під установку основного ріжучого оснащення. Вибір допоміжного оснащення здійснюється відповідно до типу верстата, характеристик посадочного місця та параметрів ріжучих інструментів, які були обрані раніше.

З урахуванням стандартів на посадочні місця інструментів та вимог міжнародних систем класифікації, визначаються типорозміри допоміжних інструментів для забезпечення коректної роботи кожної технологічної операції. Зведені дані подані у таблиці 4.4.

Таблиця 4.5 – Підбір допоміжних інструментів

№ поз.	Тип верстата	Посадочне місце верстата	Ріжучий інструмент	Посадочні параметри ріжучого інструменту	Допоміжний інструмент
4,7,14	16K20 Ф3	VDI40	GYPR2525M0 0-K25	b=25; h=25	Різцетримач Т.С1- 40X25X85

3,5,6,9,17	16K20 Φ3	VDI40	DTGNR2525 M16	b=25; h=25	Різцетримач Т.С1- 40X25X85
3,4,6,7,8,9,10,1 1,15	16K20	VDI40	PSSNR2525M 12	b=25; h=25	Різцетримач Т.С1- 40X25X85
3,5,6,9,17	16K20 Φ3	VDI40	SDJCR2525M 11	b=25; h=25	Різцетримач Т.С1- 40X25X85
3,5,6,9,12,15,17 ,20	16K20 Φ3	VDI40	PSSNR2525M 12	b=25; h=25	Різцетримач Т.С1- 40X25X85
23	6Б76П Φ2	BT 40 ISO	MS4MCD1600 E	Ø16	Гідропластов ий патрон Е3414583416 90
12	6Б76П Φ2	BT 40 ISO	MS8MHD200 0E	Ø20	Гідропластов ий патрон Е3414583420 90
17	HAAS UMC- 1000	BT 40 ISO	MSMHVD200 0E	Ø20	Гідропластов ий патрон Е3414583420 90
13	HAAS UMC- 1000	BT 40 ISO	SD101-22.00- 40-25R7	Ø25	Weldon DIN 1835 Е3414584259 0
16	HAAS UMC- 1000	BT 40 ISO	SD203-14.0- 37-14R5	Ø14	Гідропластов ий патрон Е3414583414 90
18	2M614	BT 40 ISO	SD203A-6.8- 25-8R5	Ø8	Гідропластов ий патрон Е3414583408 90
17	2M614	BT 40 ISO	MTH- M16X2.00ISO 6H-BC-P002	DMM=12	Мітчик- патрон Е4041586725 130 та цанги ER 25 393.14- 25D120X090
18	2M614	BT 40 ISO	MTH- M8X1.25ISO6 H-BC-P001	DMM=10	Мітчик- патрон Е4041586725

4.6 Розрахунок пристрою для шпонково-фрезерної операції

При розробці пристрою для шпонково-фрезерної обробки здійснюється визначення необхідних сил затиску, які забезпечують точне базування та надійне закріплення заготовки в процесі фрезерування. Розрахункові значення визначаються з урахуванням величини сил різання, похибок базування, жорсткісних характеристик затискного вузла та вимог до експлуатаційної надійності конструкції.

Розрахунок похибки базування проводиться за виразом:

$$\varepsilon_1 = 1,21T_d = 1,21 \cdot 0,022 = 0,02662 \text{ мм.}$$

Розрахунок сили різання P_z здійснюється за формулою:

$$P_z = 60037 \cdot N_{\text{рез}},$$

$$P_z = 60037 \cdot \frac{1,1}{22,6} = 2022 \text{ Н;}$$
(4.3)

Горизонтальна та вертикальна складові сили різання визначаються наступним чином:

$$P_H = (1,1 \dots 1,2) \cdot P_z = 1,1 \cdot 2022 = 2224 \text{ Н;}$$

$$P_V = (0,2 \dots 0,3) \cdot P_z = 0,25 \cdot 2022 = 506 \text{ Н.}$$

Визначаємо реакцію вала від дії затискної сили:

$$F_{\text{затиску}} - 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = 0,$$

$$R = \frac{F_{\text{затиску}}}{2 \cdot \cos 45^\circ} = 0,707 \cdot F_{\text{затиску}}.$$

Загальний коефіцієнт надійності розраховується за формулою:

$$K = 1,5 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6,$$

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,34.$$
(4.4)

Розрахунок сили затиску проводимо з урахуванням умов надійності:

$$K \cdot P_H = 0,6 \cdot F_{\text{затиску}}^H, \quad (4.5)$$

$$K \cdot P_V \cdot l_2 = F_{\text{затиску}}^V \cdot l_1. \quad (4.6)$$

Загальна сила затиску:

$$F_{\text{затиску}} = F_{\text{затиску}}^H + F_{\text{затиску}}^V = 1,1 \cdot \frac{K \cdot P_z}{0,6} + 0,25 \cdot P_z \cdot K \cdot \frac{l_2}{l_1}.$$

Після підстановки числових значень отримаємо:

$$F_{\text{затиску}} = 2022 \cdot 2,34 \cdot \left(\frac{1,1}{0,6} + 0,25 \cdot 2,34 \cdot \frac{470}{285} \right) = 13240 \text{ Н.}$$

Розрахунок сили натягу для вибору затискної гайки:

$$W_r = \frac{F_{\text{затиску}} \cdot b}{a\eta} = \frac{13240 \cdot 2}{0,95} = 27,8 \text{ кН.}$$

Після виконаних розрахунків вибираємо тип гайки згідно з [12].

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ВРІ	Аркуш
						14
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

5 МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

5.1 Проектування чистової токарної операції

Для виконання моделювання чистової токарної обробки використовується система FutureCAM, яка забезпечує візуалізацію траєкторій руху інструменту, побудову кодів керуючих програм та перевірку коректності обробки.

На початковому етапі завантажується 3D-модель вала після виконання чорнового точіння. На даному етапі заготовка вже має наближені до остаточних розмірів діаметри, проте з залишенням припуску на чистову обробку.

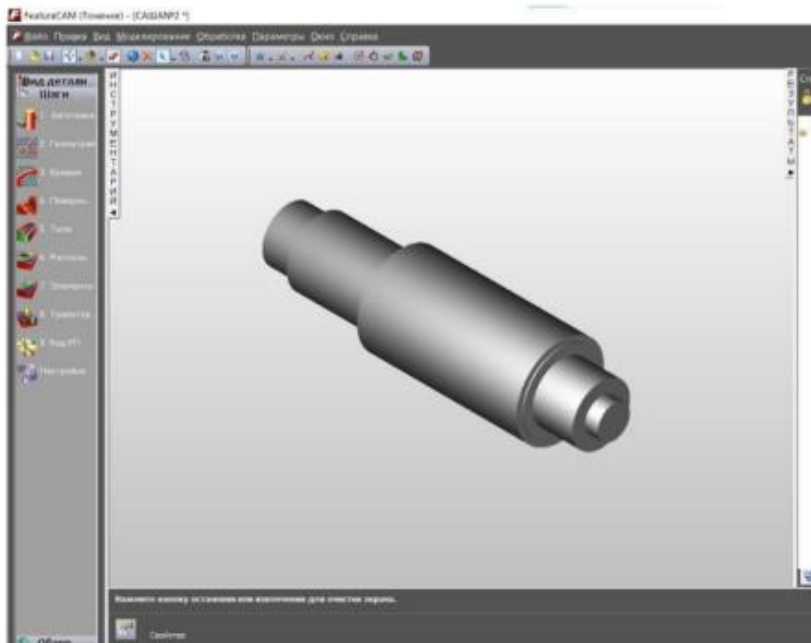


Рисунок 5.1 — Вал після чорнкової токарної обробки)

5.2 Вибір установ та побудова контурів обробки

Далі здійснюється вибір установ та виконується побудова контуру чистової обробки шляхом створення відповідної траєкторії різця. Геометрія контуру задається з урахуванням чистових припусків на обробку та габаритних розмірів деталі.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-14.МПО</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>МОДЕЛЮВАННЯ ТА ПРОЄКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЇ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ</i>			
<i>Разроб.</i>		<i>Листопад</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кіяндовский</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					<i>каф. ТМ гр. ПМ-21</i>			

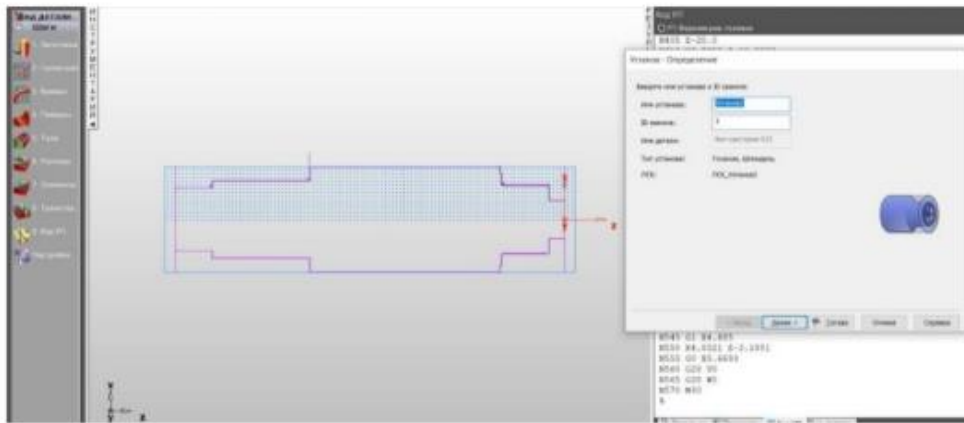


Рисунок 5.2 — Обираємо установки і креслимо контур обробки

5.3 Налаштування режимів різання

На цьому етапі вноситься налаштування технологічних параметрів чистового точіння. Підбираються режими різання: швидкість подачі, глибина різання та кількість проходів. Також встановлюються параметри ріжучого інструменту, включаючи кут наплавлення пластини та її геометрію.

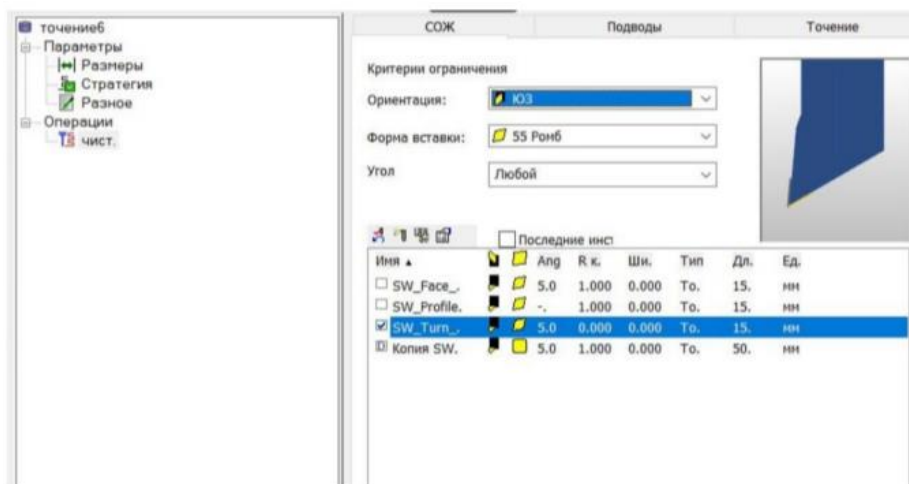


Рисунок 5.3 — Налаштовуємо параметри різця та режими обробки

5.4 Генерація керуючої програми та перевірка моделі

Після формування траєкторії системою генерується керуюча програма з повним набором команд для подальшого застосування на верстаті з ЧПК. Також візуально контролюється результат обробки та перевіряється наявність помилок у програмі.

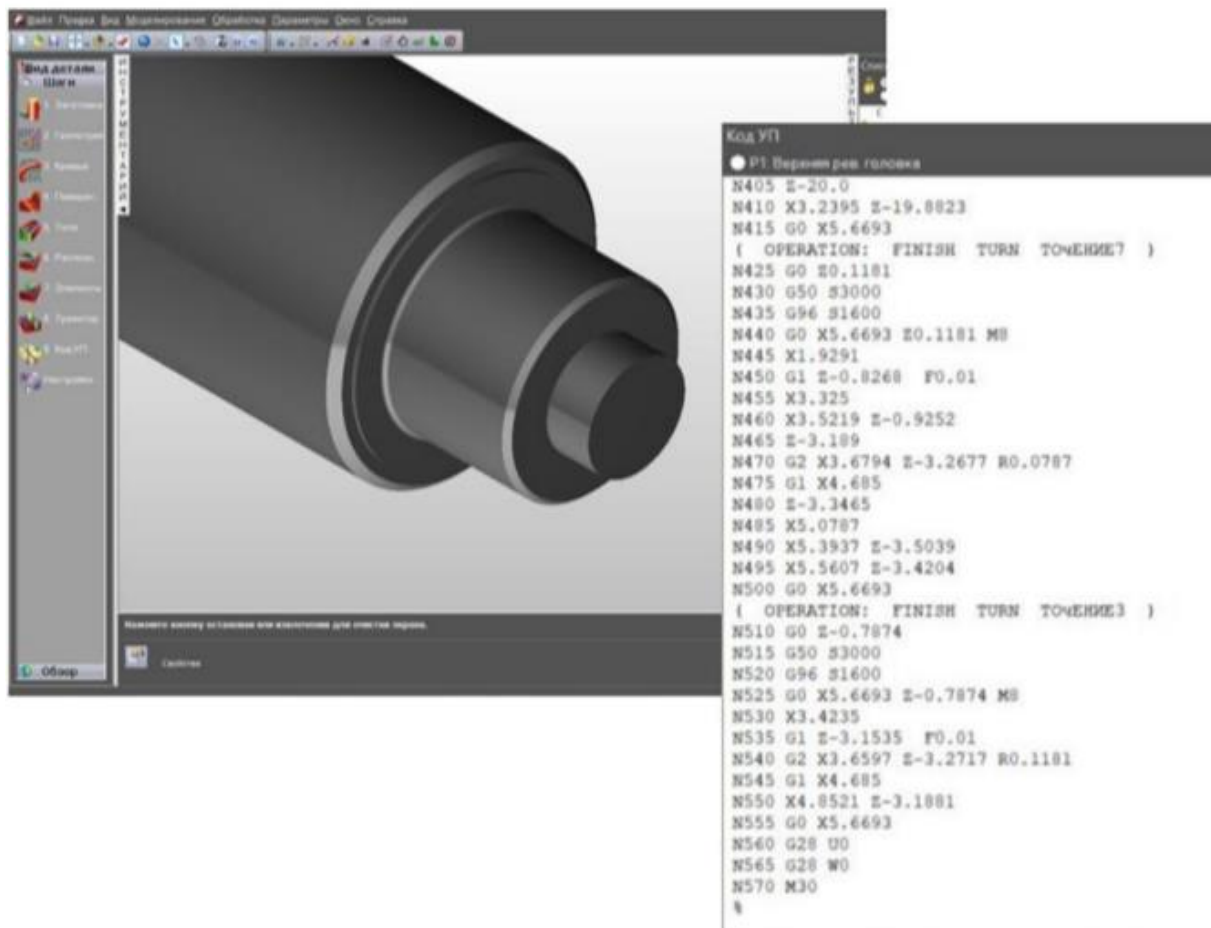


Рисунок 7.4 — Обработанный вал та код керуючої програми

Застосування програмного комплексу FutureCAM дозволяє в автоматизованому режимі здійснити перевірку коректності формування чистових поверхонь та створити повністю готовий керуючий код для подальшої роботи на верстатах з числовим програмним керуванням. Такий підхід забезпечує високу точність виготовлення деталей та знижує ймовірність виникнення помилок на виробництві.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.МПО	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Аналіз умов праці та шкідливих факторів виробництва

У процесі виготовлення деталей «вал-шестерня» та «втулка» із сталей марок 40XH2MA та 40X відповідно, передбачається механічна обробка з застосуванням технологій різання. Дільниця, на якій розташовані робочі місця, має розміри: довжина — 72 м, ширина — 48 м, висота — 10,8 м. У ході виробничих процесів на персонал впливають низка шкідливих і небезпечних факторів.

До основних фізичних небезпечних факторів належать: контакт з рухомими частинами верстатів, стружкою, осколками інструментів, зонами з підвищеною температурою оброблюваних деталей, а також вплив електричної напруги і статичних розрядів. Значну роль також відіграють такі шкідливі умови як підвищена запиленість, загазованість робочої зони, надмірний шум, вібрація, недостатня освітленість, сліпучі відблиски й пульсації освітлення.

Серед хімічних факторів присутня суміш парів, газів та аерозолів, які утворюються в результаті термічних та окислювальних процесів, пов'язаних із обробкою матеріалу (в тому числі вуглеводні граничного і ароматичного ряду).

До психофізіологічних факторів відносяться фізичні навантаження під час встановлення та демонтажу масивних заготовок, зорові перенавантаження та монотонність виконуваних операцій.

В окрему групу виділяються і біологічні фактори, пов'язані із можливістю контакту з мікроорганізмами при поводженні із захисними засобами (ЗОР). За результатами ідентифікації небезпечних і шкідливих чинників була складена Карта умов праці (табл. 6.1) та проведено визначення параметрів шкідливих факторів виробничого середовища (табл. 6.2).

Таблиця 6.1 – Карта умов праці на робочому місці

Підприємство		машинобудівне	
Дільниця	Механооброблююча	Категорія приміщення	Д
кількість верстатів	44	Чисельність працівників	38

Таблиця 6.2 – Визначення небезпечних та шкідливих факторів

№ п/п	Фактори виробничого середовища	ГДК (ГДР)	Факт. знач.
1	Шкідливі хімічні речовини	32,6	27,6
2	Пил з вмістом двоокису кремнію	10	8,7

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ОПТЖ													
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата														
Разроб.		Листопад			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЖИТТЕДІЯЛЬНОСТІ					Літ.		Арк.		Акрушів				
Перевір.		Кіянбський																
Н. Контр.		Нечаєв																
Затверд.		Рязанцев																
															каф. ТМ гр. ПМ-21			

3	Вібрація: Допустима коливальна швидкість при середньо геометричній частоті октавної смуги 1000 Гц	$0,63 \cdot 10^{-2}$ або 102 дБ	В межах норми завдяки засобам віброзахисту
4	Еквівалентний рівень шуму, дБА	80	
5	Мікроклімат у приміщенні: температура повітря, °С швидкість руху повітря, м/с відносна вологість повітря, %	$20^{\circ} \pm 2^{\circ}$ 0,1 40-60	В межах норми завдяки засобам аерації
6	Важкість праці: динамічна робота: зусилля на рукоятках, маховиках; переміщення задньої бабка в момент зрушування статичне навантаження, кгс	40Н 320Н 50000-90000	В межах норми завдяки інженерним засобам захисту
7	Робоча поза	стояча	
8	Напруженість праці: увага	100%	100%
	Тривалість дії	100%	
9	Змінність	2	
	Характер праці	26	

6.2 Нормалізація параметрів повітря робочої зони та захист працівників

З метою зниження концентрації шкідливих речовин у повітрі робочих зон передбачено комплекс інженерних, технологічних та організаційних заходів. До таких заходів відносять:

Таблиця 6.3 Заходи нормалізації

№	Напрямок заходів	Зміст заходів
1	Технологічні заходи	Застосування процесів, які знижують утворення парів, газів та аерозолів
2	Організаційно-технічні заходи	Механізація, автоматизація та дистанційне керування обладнанням
3	Системи вентиляції та мікроклімату	Влаштування припливно-витяжної вентиляції та кондиціювання
4	Теплозахист та огорожі	Теплоізоляція, встановлення теплових екранів, огорож рухомих частин
5	Колективний та індивідуальний захист	Використання засобів захисту органів дихання, зору, слуху та шкіри

У цеху застосована механічна вентиляція з осьовими вентиляторами, яка забезпечує нормативний повітрообмін. За напрямом повітряних потоків система відноситься до комбінованої припливно-витяжної вентиляції.

Згідно з результатами аналізу, рівень запиленості та загазованості робочої зони не перевищує допустимих граничних значень. Параметри мікроклімату також відповідають встановленим нормам завдяки застосованим системам аерації, вентиляції та опалення. Рівень шуму, вібрації й освітленість відповідають вимогам безпеки завдяки відповідному оснащенню робочих місць.

6.3 Заходи із забезпечення безпеки праці

З метою покращення умов праці і забезпечення безпечного виконання виробничих операцій запроваджено низку технічних, організаційних, санітарно-гігієнічних та медико-профілактичних заходів:

Технічні заходи: оновлення та модернізація обладнання, застосування автоматизованих систем керування, оптимізація компоновки технологічного устаткування для зниження виробничих ризиків.

Організаційні заходи: проведення обов'язкових інструктажів з охорони праці, професійний відбір працівників за результатами медичних та психологічних обстежень, організація систематичного контролю за дотриманням правил безпеки згідно з ДСТУ 12.0.004-79.

Санітарно-гігієнічні заходи: модернізація та обслуговування вентиляційних систем, удосконалення систем кондиціонування повітря, облаштування гардеробних, душових приміщень, зон відпочинку для працівників.

Медико-профілактичні заходи: організація профілактичних медичних оглядів, забезпечення працівників мийними та дезінфікуючими засобами відповідно до встановлених норм.

У результаті реалізації зазначених заходів створено умови, які дозволяють підтримувати безпечний рівень виробничих факторів, зменшити ризики травматизму та забезпечити стабільну роботу устаткування в умовах дотримання всіх норм охорони праці.

					КНУ.КБР.131.25.1-14.ОПТЖ	Аркуш
						3
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

7 ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16K20	16K20	3 верстат	4-ий верстат	16K20Ф3
Деталі					
Річний обсяг випуску деталей N , шт.	180				
Кількість запусків партій деталей в рік, шт	12				12
Тривалість випуску деталей Z , років	3				3
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	16,5	16,5	0	0	13,24
Час налазки верстата, хв.	33	33	0	0	72,8
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	155				155
Вартість комплекту спеціальних пристосувань $K_{спр}$, грн	0	0	0	0	0
Оптова ціна на прокат одного УСП, грн	0	0	0	0	0
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.	0	4	0	0	0
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	45	0	0	90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	1	0	0	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_t	0,083	0,083	0	0	0,2
Вартість розробки ПК $K_{вр}$, грн.	0	0	0	0	340

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Працівники					
Середньочасова заробітна плата, грн					
верстатника $H_{ст}$	33,6	33,6	0	0	30,1
наладчика $H_{нал}$	33,6	33,6	0	0	34,3
наладчика інструмента $H_{ін}$	31,1	31,1	0	0	0
контролера $H_{к}$	29,8				29,8
Верстати					
Клас точності верстата	Н	Н	Н	0	А
Маса верстата, т	30	30	0	0	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:					
механічної частини $R_{м}$	51	51	0	0	100
електротехнічної частини $R_{т}$	43	43	0	0	99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d , шт	1	1	0	0	3
Оптова ціна верстата $Ц$, грн.	16906	16906	0	0	42000
Коефіцієнт завантаження верстата η_v	0,75	0,75	0	0	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	25,0	0,0	0	60,0

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-14.07Е</i>		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата			
Розроб.	Листопад				ОЦІНКА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЦТВА		
Перевір.	Кіяндовський						
Н. Контр.	Нечаєв						
Затверд.	Рязанцев						
					Літ.	Арк.	Акрушів
					каф. ТМ гр. ПМ-21		

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Площа пристрою ЧПК A_{γ} , м. кв.	0	0	0	0	0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини $H_{\text{м}}$	401	401	0	0	272
електротехнічної частини $H_{\text{е}}$	86	86	0	0	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	0	0	11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	0	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	0	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{\text{об}}$, год	3975	3975	0	0	3850
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{\text{мех.зд.}}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі службово-побу-тових приміщень $\Pi_{\text{сл. поб.}}$, грн	1000				1000

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3 верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Площа пристрою ЧПК A_{γ} , м. кв.	0	0	0	0	0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.					
механічної частини $H_{\text{м}}$	401	401	0	0	272
електротехнічної частини $H_{\text{е}}$	86	86	0	0	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.	0	0	0	0	11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2,5	0	0	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	0	0	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{\text{об}}$, год	3975	3975	0	0	3850
Виробничі та інші площі					
Вартість 1 м. кв. площі механічної $\Pi_{\text{мех.зд.}}$, грн	500				500
Вартість 1 м. кв. площі службово-побу-тових приміщень $\Pi_{\text{сл. поб.}}$, грн	1000				1000

Дані	Базовий варіант				Новий варіант
	16К20	16К20	3-ий верстат	4-ий верстат	16К20Ф3
Розрахунок допоміжних показників					
Трудоємність обробки $T_{\text{обр.}}$, год	16,5	16,5	0	0	13,24
Час налазки верстата впродовж року $T_{\text{н.}}$, год	6,6	6,60	0	0	14,56
Час налазки інструмента поза верстатом впродовж року $T_{\text{н.ін.}}$, год	0	0,00	0	0	0
Час контролю деталей впродовж року $T_{\text{к.}}$, год	29,01	29,00	0,00	0,00	42,49
Кількість верстатників $P_{\text{ст. чол.}}$ (розр.)	1,00	1,00	0,00	0,00	1,00
дійсна	1	1	0	0	1
Кількість налазників верст. $P_{\text{н. чол.}}$ (розр.)	0,004	0,008	0,000	0,000	0,008
дійсна	1	1	0	0	1
Кількість налазників інстр. $P_{\text{н.ін. чол.}}$ (розр.)	0,000	0,002	0,000	0,000	0,000
дійсна	0	1	0	0	0
Кількість контролерів $P_{\text{к. чол.}}$ (розр.)	0,02	0,01	0,00	0,00	0,02
дійсна		1			1
Додаткова кількість робочих по обслуговуванню верстатів з ЧПК $P_{\text{дод. чол.}}$	0,00	0,02	0,00	0,00	0,03
дійсна	0	1	0	0	1
Загальна кількість працівників на річну програму випуску деталей, чол.	7				4
Частка завантаження верстата обробкою деталі в обсязі річного випуску β	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата
-------	-------	-------------	--------	------

КНУ.КБР.131.25.1-14.07Е

Аркуш

2

Капітальні вкладення споживача

$$K = K_{\text{б}} + K_{\text{зд}} + K_{\text{сл}} + K_{\text{нез}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{п.у.}} \\ K = K_{\text{б}} + K_{\text{зд}} + K_{\text{сл}} + K_{\text{нез}} + K_{\text{пр}} + K_{\text{п.у.}}$$

де:

- $K_{\text{б}}$ — балансова вартість верстата, грн;
- $K_{\text{зд}}$ — вартість приміщення, яке займає верстат, грн;
- $K_{\text{сл}}$ — вартість службово-побутових приміщень, грн;
- $K_{\text{нез}}$ — обігові кошти в незакінченому виробництві, грн;
- $K_{\text{пр}}$ — вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн;
- $K_{\text{п.у.}}$ — витрати на створення керуючої програми (КП), грн.

Розрахунок:

Показник	$K_{\text{б}}$	$K_{\text{зд}}$	$K_{\text{сл}}$	$K_{\text{нез}}$	$K_{\text{пр}}$	$K_{\text{п.у.}}$	Сума
K_1	115258	6780	63000	125700	0	2800	313538
K_2	286762	3740	28000	42980	0	5340	366821,56

Приведені витрати				
$З_1$	=	C_1	+	$E_n \cdot K_1$
150973		103942		0,15 · 313538
$З_2$	=	C_2	+	$E_n \cdot K_2$
107809		52785		0,15 · 366822

Річний економічний ефект			
E	=	$З_1$	- $З_2$
43164		150973	- 107809

Строк окупності				
$T_{\text{ок}}$	=	$(K_2 - K_1)$	/	$(C_1 - C_2)$
1,04		366822 - 313538		103942 - 52785,4

Висновки

У дипломній роботі виконано повний комплекс конструкторсько-технологічної підготовки виробництва деталі "вал-шестерня" приводу млина МШЦ із застосуванням сучасних CAD/CAM систем.

В ході виконання роботи:

- проведено детальний аналіз службового призначення деталі та умов її експлуатації у складі приводного вузла млина МШЦ;
- здійснено розрахунок розмірних ланцюгів та допусків, що забезпечують необхідну точність виготовлення деталі;
- розроблено оптимальний технологічний маршрут механічної обробки з урахуванням сучасних засобів виробництва;
- обґрунтовано вибір заготовки методом радіального обтискання як найбільш економічно доцільної для даних умов виробництва;
- виконано розрахунок припусків та міжопераційних розмірів, підібрано оптимальні режими різання для кожної операції;
- розроблено САМ-програмування обробки із застосуванням SolidCAM, сформовано керуючі програми та виконано симуляцію обробки;
- розроблено повний комплекс заходів із технічного контролю виготовлення деталі на всіх етапах обробки;
- проведено організаційно-економічне обґрунтування ефективності впровадження розробленого технологічного процесу у порівнянні з традиційною технологією;
- проаналізовано умови охорони праці, безпеки працівників та охорони навколишнього середовища при виконанні всіх видів робіт.

Запропонована технологія дозволяє забезпечити високий рівень точності та якості виготовлення деталі "вал-шестерня", знизити витрати часу, підвищити продуктивність, зменшити собівартість та забезпечити безпечні умови праці персоналу. Впровадження CAD/CAM-систем істотно скорочує підготовчо-технологічні роботи, підвищує рівень автоматизації та стабільності виробничого процесу.

Розроблені технічні та технологічні рішення мають практичне значення та можуть бути рекомендовані для застосування у серійному виробництві деталей важких приводних механізмів млинів гірничо-збагачувальних комбінатів.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-14.B</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>ВИСНОВКИ</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Листопад</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кіяндовський</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
					<i>Літ.</i>		<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
					<i>каф. ТМ гр. ПМ-21</i>			

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бочков В. М. Розрахунок та конструювання металорізальних верстатів : навч. посіб. — К. : Либідь, 2008. — 348 с.
 2. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної бакалаврської роботи для здобувачів спеціальності 131 «Прикладна механіка» усіх форм навчання / уклад.: М. В. Кіяновський, В. П. Нечаєв, А. В. Пікільняк та ін. — Кривий Ріг : Криворізький національний університет, 2024. — 112 с.
МВбак вип робота 2024_1
 3. ДСТУ 4543-71. Сталь легированная конструкционная. Технические условия. — М. : Изд-во стандартов, 1971. — 40 с.
 4. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення основних понять. — К. : Держспоживстандарт України, 1994. — 42 с.
 5. ДСТУ 2232-93. Базування та бази в машинобудуванні. Терміни та визначення. — К. : Держспоживстандарт України, 1993. — 16 с.
 6. ДСТУ 3008:2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання. — К. : Мінекономрозвитку України, 2015. — 34 с.
- Криворізький національний університет. Освітньо-професійна програма «Прикладна механіка» для бакалаврського рівня : чинна редакція на 2023–2024 рр. — Кривий Ріг : КНУ, 2023.
7. Кіяновський М. В., Пікільняк А. В., Нечаєв В. П. Технологія машинобудування : навч. посіб. — Кривий Ріг : КНУ, 2020. — 418 с.
 - Белов В. С., Воловик В. П. Технологічні основи машинобудування : навч. посіб. — Х. : ХНАМГ, 2012. — 480 с.
 8. Кириченко О. В., Панасюк Г. І. CAD/CAM/CAE системи в машинобудуванні : навч. посіб. — Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2019. — 412 с.
 9. Міллер М. О. Основи розрахунку точності в машинобудуванні. — К. : Вища школа, 1986. — 288 с.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1–14.СВД</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Листопад</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кіяновський</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>				каф. ТМ гр. ПМ-21		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-
ЗАСВІДЧУЮЧИХ АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Конструкторсько-технологічна підготовка виробництва деталі «Вал-шестерня» млина МШЦ за допомогою CAD/CAM систем.

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Листопад Юрій

Керівник КБР

(підпис)

Кіяновский М.В.

Нормоконтроль

(підпис)

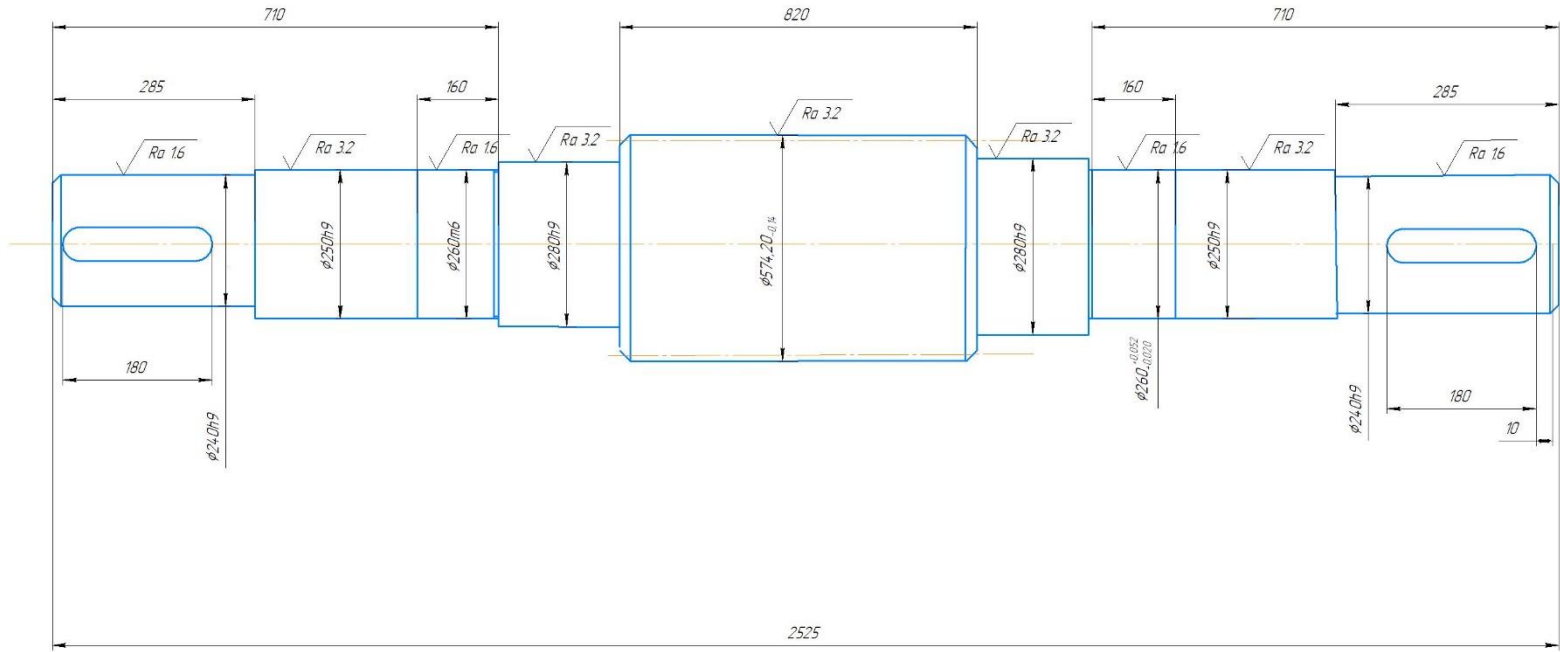
Василь НЕЧАЄВ

Завідувач кафедри

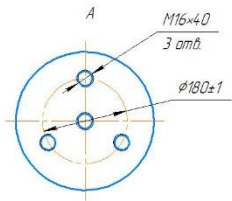
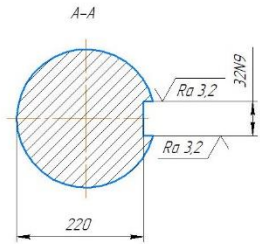
(підпис)

Антон РЯЗАНЦЕВ

Кривий Ріг
2025 р.



Модуль	m	20
Число зубців	z	26
Кут нахилу	β	$8^{\circ}06'34''$
Напряг лінії зуба	-	ліній
Нормальний вихідний контур	-	ДСТУ 13755-81
Коефіцієнт суміщення	ϵ	+0,49
Ступінь точності по ГОСТ 1643-86	-	Ст 8-В
Діпильний діаметр	d	161,6
Висота зуба	h	24,9
Розмір по зубоміру	h_a	11,71
	s_a	17,02

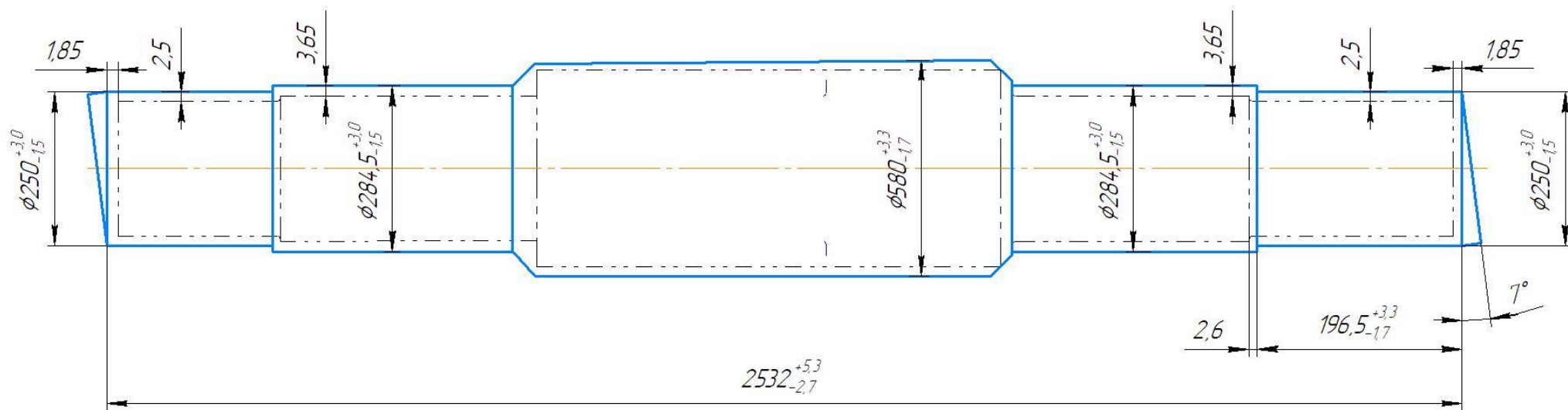


- Гр-НВ 220-260 ДСТУ 8479-70.
- Твердість поверхні зубів 48-54 НН. Глибина поверхневого шару $\geq 1,5$ мм.
- Невказані граничні відхилення розмірів дано $h11$, інших $\pm IT11$.
- Овальність і конусність поверхонь Б і В не більше 0,02 мм.
- Торцеве виття по А відносно осі поверхні Б, В не більше 0,03 мм.
- Перекіс шпоночних пазів відносно поверхонь Б, В не більше 0,05 мм.
- Зсуміщення шпоночних пазів відносно осі поверхонь Б, В не більше 0,2 мм.

КНУ.КБР.131.25.1.14.ВШ.20.3А				Вал-шестерня		
Лист	№ докум.	Лист	Лист	Лист	Маса	Масштаб
Розроб	Листовий	Лист	Лист	Лист	474,9	15
Проєкт	Масштабний	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Технік	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Начальник	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист
Зам.	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист	Лист

КНУ.КБР.131.25.1.14.ВШ3.2Д.3А

12,5 ✓

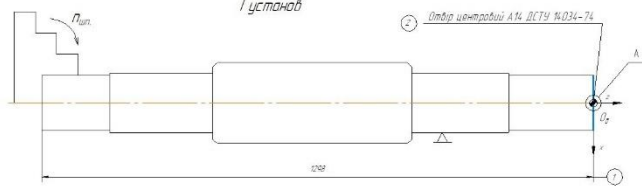


1. Поковка II групи складності
2. Заміна матеріалу на сталь 45ХН2МФА
3. Клас точності -Т4, група сталі - М2, ступінь складності - С1, ДСТУ 7505-89,
4. Допустима величина зсуву по поверхні роз'єму штамп - 0,7 мм.
5. Допустиме відхилення по зігнутості від площинності та від прямолінійності - 0,5 мм.
6. Радіус зкруглення зовнішніх кутів - 4,0 мм.
7. Контролювати 25% заготовок.

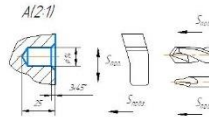
				КНУ.КБР.131.25.1.14.ВШ3.2Д.3А		
				Вал-шестерня Заготовка		
				Сталь 40ХН2МА ДСТУ 4543-71		
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Листопад					1:5
Пров.	Кіянєвський			Лист	Листов	
Т.контр.				Кафедра ТМ ПМ-21		
Н.контр.	Нечаєв			Копировал		
Утв.	Рязанцев			Формат А3		

015 Токарна операція з ЧПК
Токарний патрона-центрний верстат з ЧПК
моделі 16К30Ф305

Оснащення 3-х кулачковий патрон, ланет, центр
I установка

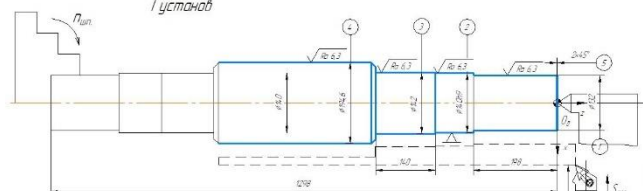


Резьба 2112-0035 Т5К6 ДСТУ 22736-77	13,2	1300	2	0,5	172	428	1	3,2	
Варіант 2301-1696 Т5К6 ДСТУ 22736-77	14	25	7	0,5	17,3	788	1	1,82	
Резьба 2112-0035 Т5К6 ДСТУ 22736-77	13,2	1298	2	0,5	172	428	1	3,2	
Варіант 2301-1696 Т5К6 ДСТУ 22736-77	14	25	7	0,5	17,3	788	1	1,82	
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

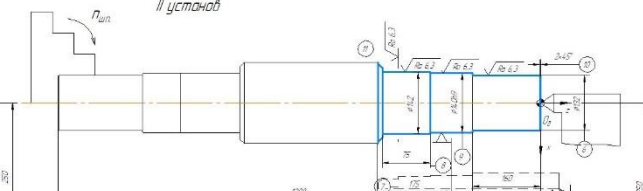


020 Токарна операція з ЧПК
Токарний патрона-центрний верстат з ЧПК
моделі 16К30Ф305

Оснащення 3-х кулачковий патрон, ланет, центр
I установка



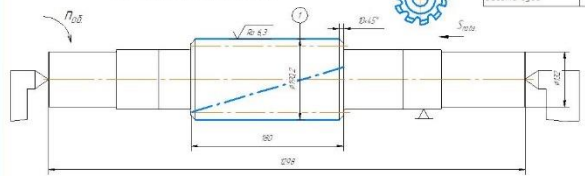
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	198	1	0,5	233	553	1	2,6	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	2	2	0,08	200	250	1	0,4	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	14,2	14,0	1	0,5	233	553	1	2,02	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	14,2	90	1	0,5	233	553	1	1,3	9,63
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	19,6	180	2,2	0,5	233	381	1	3,5	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	2	2	0,08	200	250	1	0,4	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	19,6	10	2	0,08	200	250	1	0,5	
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм



Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	16,0	1	0,5	233	553	1	2,1	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	2	2	0,08	200	250	1	0,4	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	14,2	175	1	0,5	233	553	1	14	7,62
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	14,2	75	1	0,5	233	553	1	1,08	
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	19,6	10	2	0,08	200	250	1	0,5	
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

025 Зубофрезерування
Горизонтальний зубофрезерний верстат
моделі 5В370

Оснащення центри, ланет

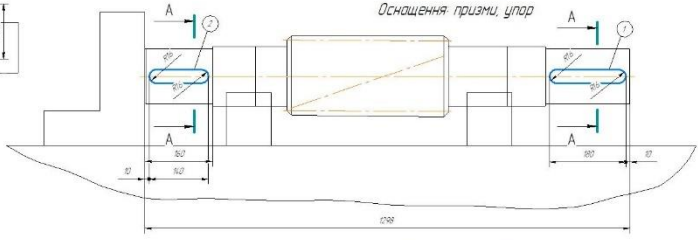


Черв'як фрезист 130К4 ДСТУ 9324-80	19,02	16,0	1	0,5	4,81	606	1	11,4	15,08
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

Модуль	m	10
Число зубів	z	16
Напрямок зубів	-	лівої
Діаметр діаметра	d	1616
Висота зуба	h	24,9

030 Горизонтально-розточувальна
Верстат горизонтально-розточувальний
моделі 2А637Ф2

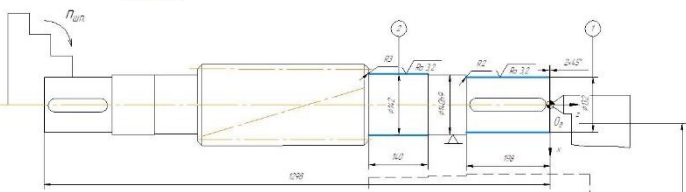
Оснащення призми, упор



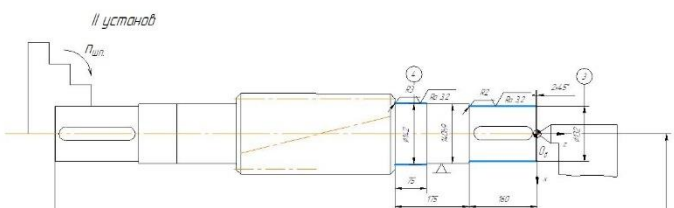
Фрезист шліфувальний 2235-0021 130К4 ДСТУ 6396-78	32	180	1	80	99	1	1,10	4,53	
Фрезист шліфувальний 2235-0021 130К4 ДСТУ 6396-78	32	14,0	1	80	99	1	1,14		
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

040 Токарна чистова з ЧПК
Токарний патрона-центрний верстат з ЧПК
моделі 16К30Ф305

Оснащення 3-х кулачковий патрон, ланет, центр
I установка



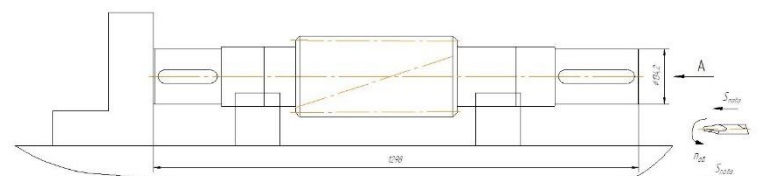
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	198	1	0,5	200	350	1	2,5	7,6
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	14,2	14,0	1	0,5	200	350	1	2,3	
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм



Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	13,2	160	1	0,5	200	350	1	2,5	9,2
Резьба для контррозточування 201-0671 Т5К6 ДСТУ 20872-80	14,2	75	1	0,5	200	350	1	2,3	
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

035 Горизонтально-розточувальна
Верстат горизонтально-розточувальний
моделі 2А637Ф2

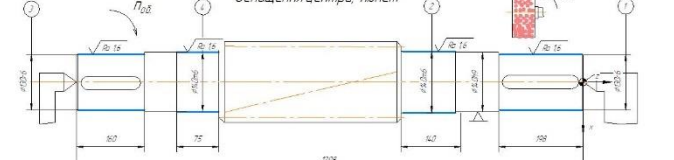
Оснащення призми, упор



Акселератор центричний 15К10 ДСТУ 14952-75	14	40	0,5	15,0	300	1	0,3		
Варіант 2301-1700 Т5К6 ДСТУ 22736-77	15	40	0,5	17,4	369	1	0,3		
Варіант 2301-1704 Т5К6 ДСТУ 14953-80	15,5	40	0,5	17,9	356	1	0,13	5,9	
Варіант 2620-0546 Т5К6 ДСТУ 17927-72	16	40	0,5	28,3	564	1	0,25		
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

050 Круглошліфувальна
Круглошліфувальний верстат
моделі 3А172

Оснащення центри, ланет



Круг шліфувальний П154 160/100/40 ДСТУ 2424-83	130	198	0,4	0,3	30	73	1	3,9	
Круг шліфувальний П154 160/100/40 ДСТУ 2424-83	140	140	0,3	0,3	30	68	1	2,9	
Круг шліфувальний П154 160/100/40 ДСТУ 2424-83	130	160	0,4	0,3	30	73	1	3,1	14,9
Круг шліфувальний П154 160/100/40 ДСТУ 2424-83	140	75	0,3	0,3	30	68	1	1,5	
Найменування інструменту	D	L	f	S	V	n	i	Ta	Tum
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

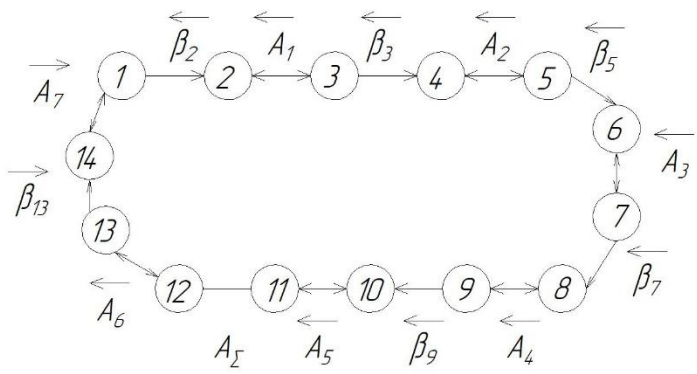
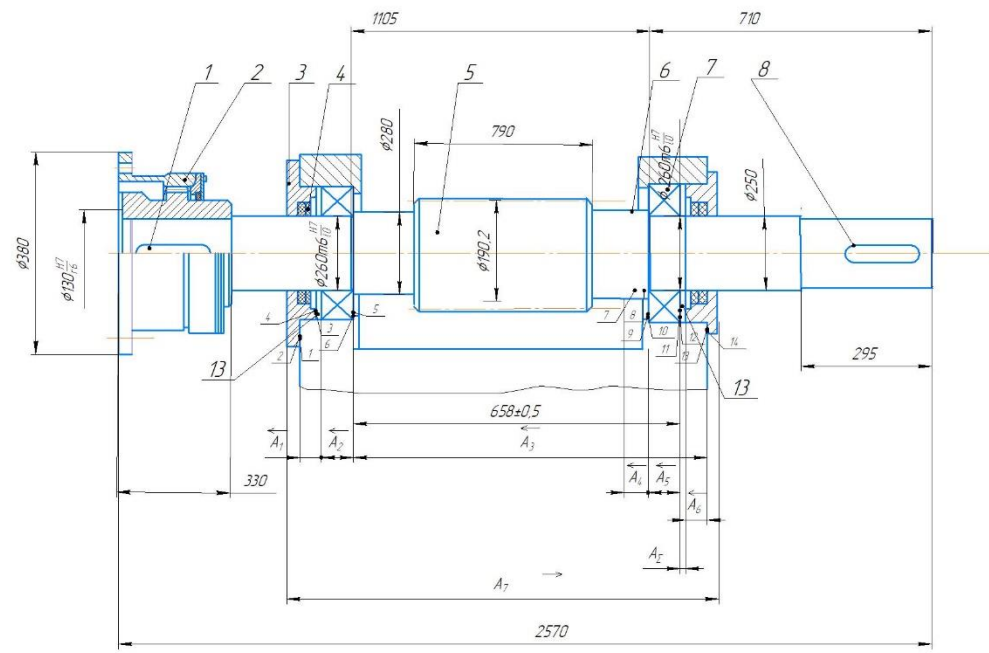


Схема лінійних розмірних ланцюгів



1	Вал I
2	Муфта
1	Шпонка
11	Шайба
10	Болт
12	Планка
8	
9	Шпонка
4	Манжета
3	Кришка
7	Підшипник
6	Втулка
5	Вал-шестерня
1	Корпус

Схема складання валу