

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва деталі «вал-шестерня» шестеренчастого насосу на базі обладнання з ЧПК із використанням CAD/CAE технологій

Виконав: магістрант
групи ЗПМ-23м
Ігнацевич В.С.

Керівник КМР:
к.ф.-м.н., доц., ст.викл.
Кравцова Д.Ю.

Кривий Ріг
2024 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва деталі «вал-шестерня» шестеренчастого насосу на базі обладнання з ЧПК із використанням САД/САЕ технологій

Виконав:
магістрант групи
ЗПМ-23м

(підпис)

Ігнацевич В.С.

Керівник КМР

(підпис)

к.ф.-м.н., доц., ст.викл.
Кравцова Д.Ю.

Нормоконтроль

(підпис)

к.т.н., доц. Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доц. Рязанцев А.О.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	11
1.1 Характеристика, область застосування та принцип дії вузла	11
1.2 Характеристика матеріалів деталі вал.....	13
1.3 Вибір режиму роботи цеху	14
1.4 Оцінка типу виробництва	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	18
2.1 Аналіз точнісних параметрів та технологічності вала-шестерні.....	18
2.2 Аналіз діючих технологічних процесів.....	19
2.3 Вибір методів одержання заготовок.....	20
2.4. Обчислення вартості методу виготовлення заготовки вала-шестерні	23
2.5 Вибір методів обробки поверхонь	25
2.6 Створення маршрутів виготовлення деталей	26
2.7 Розробка структури, змісту технологічних операцій, технологічних баз	28
2.8 Вибір оснащення верстату.....	31
2.9 Вибір різальних інструментів	32
2.10 Вибір вимірювальних і контрольних пристроїв.....	33
2.11 Визначення припусків і операційних розмірів	34
2.12 Розрахунок режимів різання	38
2.13 Технічне нормування операцій.....	40
2.14 Розробка операції обробки із використанням САМ-системи	41
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	43
3.1 Опис будови та принцип дії повідкового патрона	43
3.2 Обчислення сили затиску вала-шестерні при механічній обробці.....	43
4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА. АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ШЛЯХОМ ВІПРОБУВАННЯ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САЕ-ТЕХНОЛОГІЙ	45
4.1 Проектування обчислювального експерименту	45
4.2 Побудова сітки МКЕ для вала-шестерні.....	46
4.3 Результати дослідження «Статичний» аналізу у SW Simulation	47
5 МЕНЕДЖМЕНТ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ТА ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ	51
5.1 Обчислення програми запуску та типу виробництва	51
5.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання.....	51
5.3 Визначення чисельності персоналу цеху	53
5.4 Визначення площі механічного та допоміжних відділень	55
5.4.1 Заточувальне відділення.....	56
5.4.2 Контрольне відділення.....	57
5.4.3 Ремонтне відділення	57
5.4.4 Відділення для ремонту оснастки та інструменту	58

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.3</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркулш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркулш</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Зміст</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

5.4.5 Відділення для роботи з мастильно-охолоджуючими рідинами.....	61
5.4.6 Склад заготовок та матеріалів у цеху.....	61
5.4.7 Інструментально-роздавальна комора.....	61
5.4.8 Відділення для переробки стружки.....	62
5.5 Калькуляція сумарного числа площі механообробного цеху, вибір типу споруди.....	62
5.6 Розробка загального планування цеху.....	63
5.7 Організація внутрішньо-цехового транспорту.....	63
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	65
6.1 Розрахунок капітальних вкладень в основні виробничі фонди.....	65
6.1.1 Розрахунок вартості будівель цеху.....	65
6.1.2 Розрахунок вартості обладнання.....	65
6.2 Планування фондів заробітної плати працівників.....	67
6.2.1 Планування фондів заробітної плати робочих.....	67
6.2.2 Планування фонду заробітної плати ІТР, службовців та МОП.....	70
6.2.3 Визначення заробітної плати в середньому.....	71
6.3 Обчислення собівартості продукції.....	71
6.4 Економічні показники роботи механічного цеху.....	77
7 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ.....	79
7.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників обладнання.....	79
7.2 Інженерні пропозиції по безпеці експлуатації технічних комплексів.....	81
ВИСНОВКИ.....	84
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85
ДОДАТОК А.....	88
ДОДАТОК Б.....	90

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.3</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

ВІДОМІСТЬ ОБ'ЄМУ КМР

№	Формат	Позначення	Найменування	К-сть листів	Прим.
			<u>Документація</u>		
1	A4	КНУ.КМР.131.24.2-02.ПЗ	Пояснювальна записка	84	
2	A4	КНУ.КМР.131.24.2-02.АТК	Альбом технологічних карт на ТП виготовлення деталі Вал	7	
			<u>Графічні матеріали</u>		
3	A0	КНУ.КМР.131.24.2-02.НШ	Насос шестеренчастий (складальне креслення)	1	
4	A3	КНУ.КМР.131.24.2-02.ВШ	Вал-шестерня	1	
5	A3	КНУ.КМР.131.24.2-02.ВШЗ	Вал-шестерня (заготовка)	1	
6	A1	КНУ.КМР.131.24.2-02.ТП	Технологічний процес обробки деталі вал-шестерня	2	
7	A1	КНУ.КМР.131.24.2-02.ПП	Патрон поводковий	1	
8	A1	КНУ.КМР.131.24.2-02.АП	Аналіз проекту шляхом випробування вала-шестерні з використанням САД/САЕ-технологій	1	
9	A1	КНУ.КМР.131.24.2-02.ПЦ	План цеху	1	
10	A1	КНУ.КМР.131.24.2-02.ТЕП	Техніко-економічні показники	1	

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.В0</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Ігнацевич</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечасів</i>				<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>						

Відомість об'єму КМР

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної магістерської роботи містить: 84 стор., 13 рисунків, 23 таблиці, 8 листів графічної частини.

Мета роботи виправити застарілий базовий технологічний процес виготовлення деталі вал-шестерня. Зміни технологічного процесу відбулися в результаті заміни верстатів на верстати з числовим програмним керуванням. Вибрано нові універсальні різальні інструменти: пластини та державки, фрези; скориговано режими різання; за рахунок чого зменшився штучно-калькуляційний час, зменшилася собівартість виробу та підвищилися в цілому техніко-економічні показники роботи механообробного цеху.

У першому розділі покзано деталь вал-шестерня шестеренчастого насоса, його призначення, вузол – шестеренчастий насос, проаналізовано технологічність.

У другому розділі розроблено і висвітлено технологію обробки вала-шестерні на верстатах з ЧПК, калькульовано режими різання, вибрано верстати та сучасний різальний інструмент.

У третьому розділі обчислено сили кріплення, розроблено пристосування для однієї із операцій різання – патрон поводковий.

У четвертому розділі навантажено вал-шестерня із застосуванням САЕ-системи SolidWorks Simulation при двох варіантах матеріалів вала. Результат обчислень показав доцільність використання сталі 40Х.

У п'ятому розділі обчислено і сплановано механообробний цех: чисельність працівників, вартість будівель і обладнання, розроблено відділення цеху, загальний план цеху, тощо.

У шостому розділі детально розраховано витрати: фонд заробітної плати, собівартість виготовлення валів, тощо.

У сьомому розділі коротко розглянуто питання екології та техніки безпеки на машинобудівному виробництві.

**ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ, ВАЛ ШЕСТЕРЕНЧАСТОГО НАСОСУ,
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, СИМУЛЯЦІЯ У САЕ-СИСТЕМІ.**

ABSTRACT

The explanatory note to the master's thesis contains: 84 pages, 13 figures, 23 tables, 8 sheets of the graphic part.

The purpose of the work is to update the outdated basic technological process for manufacturing the shaft-gear part. The technological process was modified by replacing traditional machines with numerically controlled machines. New universal cutting tools were selected, including inserts, tool holders, and cutters. Cutting

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.Р</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

parameters were adjusted, resulting in reduced operation time, lower product cost, and overall improved technical and economic performance of the machining workshop.

In the first chapter, the shaft-gear part of the gear pump, its purpose, and the gear pump assembly were described. The manufacturability of the part was analyzed.

In the second chapter, the technology for machining the shaft-gear on CNC machines was developed and presented. Cutting parameters were calculated, machines and modern cutting tools were selected.

In the third chapter, clamping forces were calculated, and a fixture for one of the machining operations—a drive chuck—was designed.

In the fourth chapter, the shaft-gear was subjected to load analysis using the CAE system SolidWorks Simulation for two different shaft materials. The calculation results demonstrated the feasibility of using 40X steel.

In the fifth chapter, the machining workshop was planned and calculated, including workforce requirements, the cost of construction and equipment, the design of the workshop sections, and the overall workshop layout.

In the sixth chapter, detailed cost calculations were performed, including wage fund estimation and production costs for the shafts.

In the seventh chapter, the issues of environmental protection and occupational safety in mechanical engineering production are briefly discussed.

Keywords: SHAFT-GEAR, GEAR PUMP SHAFT, TECHNOLOGICAL PROCESS, CAE SYSTEM SIMULATION.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.P</i>	<i>Арқуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арқуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Машинобудування — це галузь промисловості, яка займається розробкою, виробництвом і обслуговуванням машин, механізмів, обладнання, транспортних засобів та інших технічних засобів. Ця сфера поєднує науку, інженерію та виробничі процеси для створення складних технічних систем, що застосовуються в різних галузях: від сільського господарства та будівництва до медицини та космічних досліджень.

Основні аспекти машинобудування: проєктування, технологія, матеріалознавство, випробовування та обслуговування.

Проєктування — розробка креслень і моделей нових машин та механізмів.

Технологія виробництва — визначення способів і методів виготовлення деталей і вузлів.

Матеріалознавство — вибір матеріалів для забезпечення надійності, довговічності та економічності.

Випробування та обслуговування — перевірка якості, функціональності та довговічності техніки.

Машинобудування є основою розвитку інших галузей промисловості та технічного прогресу, забезпечуючи обладнання та технології для виробництва товарів і послуг.

Технологія машинобудування — це наука та практична дисципліна, яка вивчає способи, методи та процеси виготовлення деталей, вузлів і машин у цілому, забезпечуючи їх необхідну якість, точність та економічну ефективність.

Ця галузь охоплює всі етапи створення виробу — від розробки технологічних процесів до контролю якості та оптимізації виробничих витрат.

Основні складові технології машинобудування такі.

Проєктування технологічного процесу: визначення послідовності операцій обробки деталей, розробка креслень і схем для виробництва.

Обробка матеріалів: методи механічної обробки (токарна, фрезерна, свердлильна тощо), технології лиття, зварювання, штампування або термічної обробки.

Вибір матеріалів та інструментів: аналіз і підбір оптимальних матеріалів для виготовлення деталей, використання сучасного різального та вимірювального інструменту.

Контроль якості: перевірка точності розмірів, форм і поверхонь, оцінка фізико-механічних властивостей виробів.

Оптимізація процесів: зниження витрат часу, матеріалів і ресурсів, автоматизація та впровадження верстатів з ЧПК (числовим програмним керуванням).

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.В</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Вступ</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

Технологія машинобудування сприяє розробці ефективних виробничих процесів, підвищенню продуктивності праці та забезпеченню високої якості кінцевої продукції.

Ефективність машинобудівного виробництва залежить від низки факторів, які взаємопов'язані та визначають загальну продуктивність, якість і економічні результати діяльності підприємства. Основні з них:

1. Технічний рівень обладнання

Використання сучасних верстатів, автоматизованих систем управління, числового програмного керування та роботизованих ліній дозволяє зменшити витрати часу, підвищити точність обробки і знизити кількість дефектів. Чим новіше та ефективніше обладнання, тим вищий рівень автоматизації, що зменшує людський фактор і підвищує продуктивність.

2. Кваліфікація працівників

Висококваліфіковані спеціалісти здатні ефективно керувати технологічними процесами, правильно налаштовувати обладнання, оптимізувати роботу та вирішувати складні виробничі завдання. Підвищення кваліфікації персоналу через навчання і вдосконалення навичок також сприяє покращенню результатів.

3. Організація виробничих процесів

Оптимальна організація робочих місць, раціональне розташування обладнання, чітке планування і управління виробництвом сприяють зменшенню простоїв, зниженню витрат на транспортування матеріалів і підвищенню ефективності виробничого циклу.

4. Технологічні процеси та методи обробки

Вибір і впровадження ефективних технологій виробництва, таких як сучасні методи обробки, автоматизація процесів, застосування нових матеріалів та інструментів, безпосередньо впливає на швидкість виготовлення деталей і їх якість. Інновації в технології також дозволяють знизити витрати на енергію та матеріали.

5. Керування та планування виробництва

Ефективне управління виробництвом, використання сучасних систем планування дозволяє оптимізувати запаси, виробничі потужності та час виконання замовлень. Це допомагає знижувати витрати, покращувати своєчасність поставок та підвищувати якість продукції.

6. Якість і контроль якості

Високий рівень контролю якості на всіх етапах виробництва — від вибору матеріалів до фінальної перевірки готової продукції — забезпечує високу точність та відповідність технічним вимогам. Використання сучасних систем вимірювань та тестування, таких як комп'ютерні системи контролю та автоматизація перевірок, дозволяє значно знизити ймовірність дефектів.

7. Матеріально-технічне забезпечення

Своєчасне постачання якісних матеріалів, інструментів та комплектуючих забезпечує безперервність виробництва та зменшує витрати часу на налагодження процесів через брак матеріалів або дефекти в поставках.

8. Енергетична ефективність

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.B</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>8</i>

Зниження енергетичних витрат завдяки використанню енергоефективних технологій, оптимізації виробничих процесів, використанню відновлювальних джерел енергії може значно підвищити ефективність виробництва. Це також сприяє зниженню витрат та зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

9. Інновації та дослідження

Впровадження новітніх технологій, автоматизація, застосування нових матеріалів та інструментів значно покращує ефективність. Інвестування в науково-дослідницькі роботи, пошук нових рішень і технологій може забезпечити конкурентні переваги на ринку.

10. Логістика та управління ланцюгами постачання

Своєчасна доставка матеріалів, точність у розподілі ресурсів і збереження рівноваги між попитом і пропозицією є критично важливими для забезпечення ефективного виробництва. Інтеграція сучасних логістичних технологій дозволяє знижувати витрати і скорочувати час, необхідний для виконання замовлень.

11. Екологічні та соціальні фактори

Врахування екологічних стандартів, скорочення впливу на навколишнє середовище та дотримання норм безпеки для працівників також є важливими для підвищення ефективності підприємства. Екологічні інвестиції, впровадження еко-дружніх технологій не тільки покращують репутацію, але й можуть призвести до зниження витрат на енергоресурси.

12. Інформаційні технології та автоматизація

Використання сучасних інформаційних технологій, таких як системи автоматизованого проєктування (САПР), автоматизація управління виробництвом (CAM, ERP), допомагає зменшити кількість помилок, оптимізувати ресурси та знизити час, необхідний для виконання завдань.

13. Ринкова кон'юнктура та попит

Підприємства машинобудування повинні адаптуватися до змін ринкових умов, швидко реагуючи на зміну попиту, що дозволяє зберігати ефективність у довгостроковій перспективі.

Отже, ефективність машинобудівного виробництва залежить від правильної інтеграції усіх цих факторів. Вони взаємно доповнюють один одного, і саме їх оптимізація дозволяє досягти максимальних результатів у виготовленні продукції з високою якістю, мінімальними витратами і в стислі терміни.

Системи автоматизованого проєктування (САПР) значно пришвидшують процес виготовлення деталей машин, дозволяючи автоматизувати численні етапи проєктування, моделювання, аналізу та виробництва. САПР прискорюють виготовлення деталей наступним чином.

Автоматизація проєктування: Швидке створення 3D-моделей, автоматичне генерування креслень і специфікацій.

Аналіз і симуляція: Заміна фізичних тестів комп'ютерними симуляціями дозволяє скоротити час на випробування та оптимізувати конструкцію ще до виготовлення.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.В</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

Інтеграція з виробничими процесами: САПР можуть інтегруватися з системами керування виробництвом (ERP, CAM) для автоматизації виготовлення, що скорочує час від проектування до виробництва.

Оптимізація конструкцій: Завдяки можливості швидкого тестування різних варіантів конструкцій, можна вибрати найбільш ефективні та економічні рішення.

Використання САПР значно підвищує продуктивність, знижує ймовірність помилок і дозволяє значно скоротити час розробки та виготовлення деталей машин.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.В</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>10</i>

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика, область застосування та принцип дії вузла

Шестеренчастий насос (рис. 1.1) використовується для нагнітання чистого мастила в сепаратор та відкачування рідини.

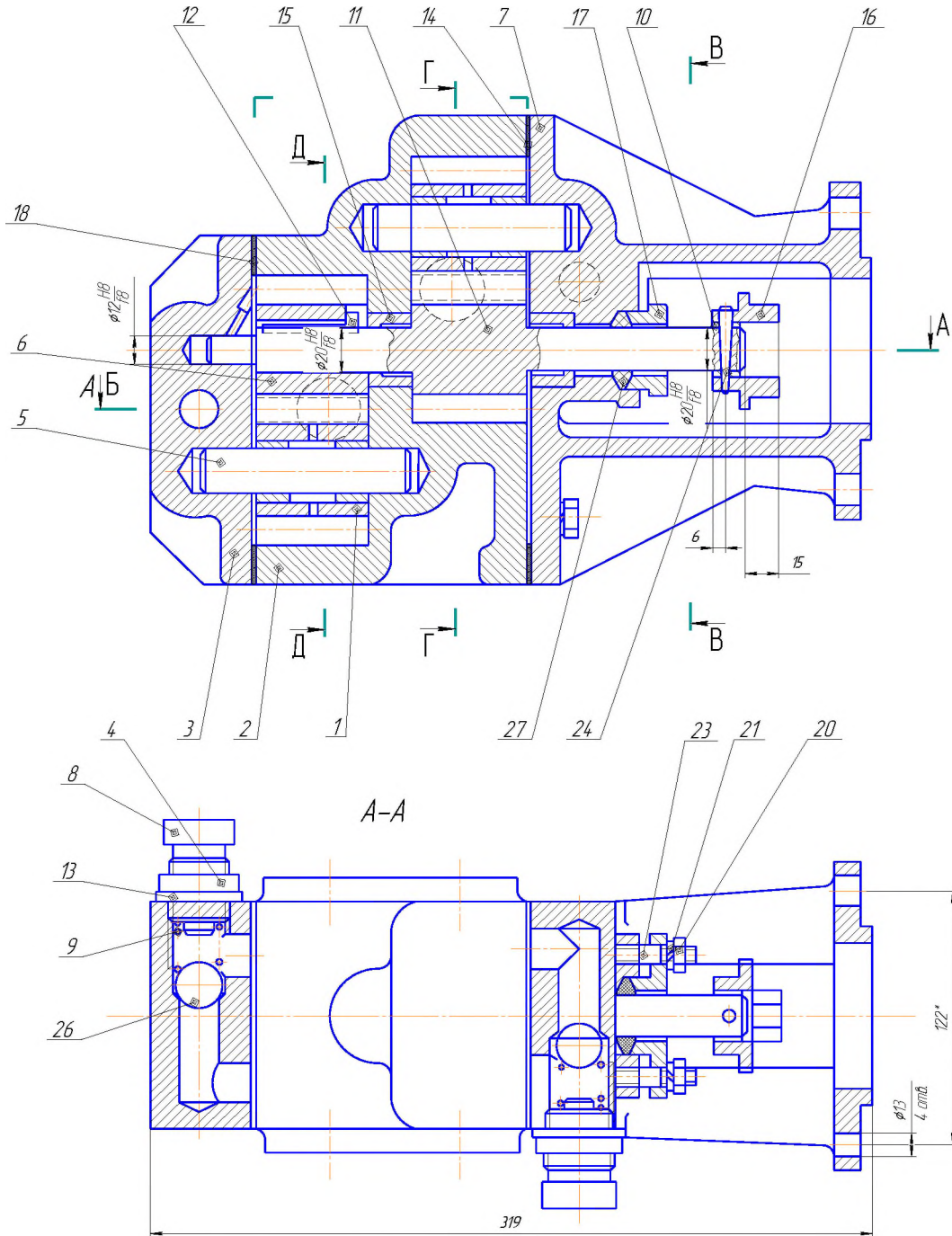


Рисунок 1.1 – Шестеренчастий насос

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34</i>			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата				
Разроб.		<i>Ігнацевич</i>			<i>Загальна частина</i>	Лит.	Арк.	Аркушів
Перевір.		<i>Кравцова</i>						
Н. Контр.		<i>Нечаєв</i>			<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>			
Затверд.		<i>Рязанцев</i>						

У корпусі 2 насоса працюють дві пари шестерень: 2 ведучі, 2 ведені.

Горизонтальний вал сепаратора обертається з допомогою пружної муфти 16.

На вході мастило попадає у вільне місце впаден шестерен, які вийшли із зачеплення. Далі за рахунок цього створюється невелике розрідження і тиск у камері всмоктування завдяки якому мастило протікає в середину насоса. Далі мастило, яке затянуто в насос і заповнило впадини між зубами, переміщується до виходу із допомогою шестерен по внутрішній поверхні корпуса. Щоб мастило витіснялося із насоса на виході зуби шестерен зачіпляються та виштовхують його із западин зубів. Далі мастило попадає у нагнітальний трубопровід.

До корпуса приєднано кришку 7 за допомогою болтів 2. У свою чергу у кришці 7 розміщені хвостовик, муфта (пружна).

Вал-шестерня 11 (рис. 1.2, 1.3) з'єднується шпонкою 12 з ведучим зубчастим колесом 6.

Бронзові втулки утримують ведучі колеса 1 нерухомо відносно вісей та забезпечують обертовий рух.

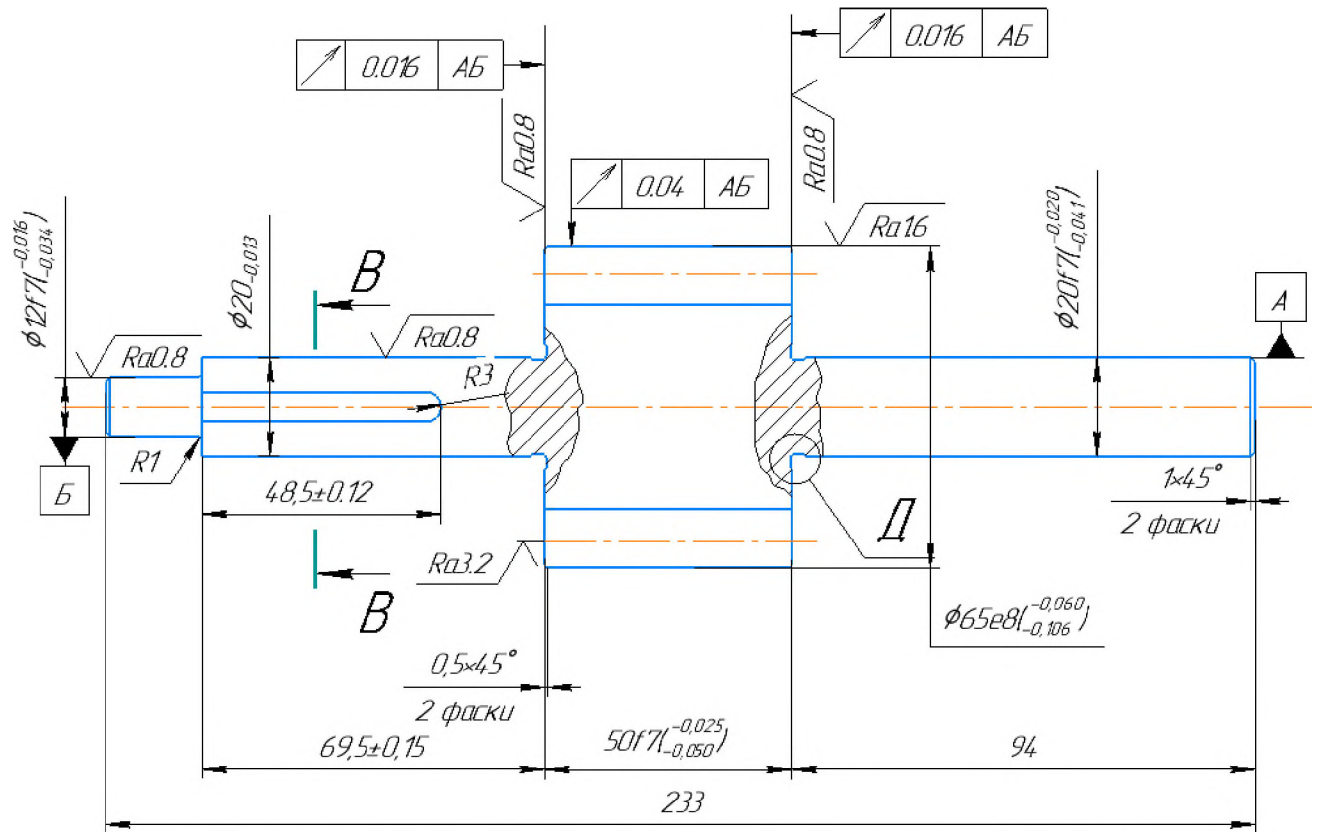


Рисунок 1.2 – Креслення вала-шестерні шестеренчастого насоса

					КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

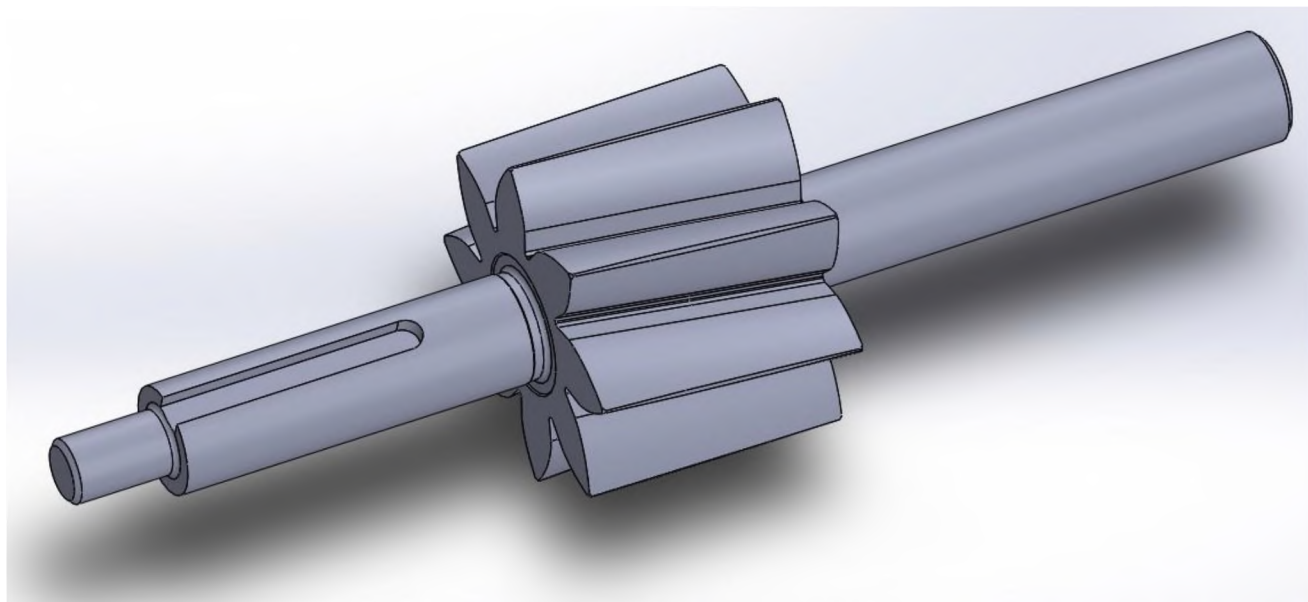


Рисунок 1.3 – Просторова модель вала-шестерні шестеренчастого насоса

1.2 Характеристика матеріалів деталі вал

Матеріал для виготовлення деталей машин повинен характеризуватися високими механічними властивостями, забезпечуючи надійність і довговічність конструкції. Важливо, щоб він мав збалансований набір механічних властивостей, а не тільки високе значення якоїсь окремої характеристики. Це дозволяє адаптувати матеріал до різних умов експлуатації, зокрема до навантажень, тертя, температурних впливів тощо. Матеріал повинен добре витримувати великі навантаженням, отже мати високу міцність і одночасно в'язкість, щоб витримувати динамічні та ударні навантаження. Крім механічних властивостей, важливим критерієм вибору матеріалу для виготовлення деталі є його економічна доцільність, зокрема вартість. Матеріал повинен забезпечувати необхідні експлуатаційні характеристики за мінімально можливих витрат, що особливо важливо для масового виробництва.

Згідно технічною документацією вал-шестерні шестеренчастого насоса він виробляється із легованої хромом сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Властивості та хімічний склад наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад та механічні властивості сталей

Марка матеріалу	Хімічний склад					Механічні властивості			
	C,%	Mn,%	Si,%	Ni,%	Cr,%	σ_B ,МПа	σ_{02} ,МПа	σ ,%	НВ,МПа
Сталь 40Х	0,36..0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,3	0,8-1,1	570	315	12	167...207

Хромисті сталі характеризуються рядом спільних властивостей, що обумовлені вмістом хрому в їх складі. Завдяки хрому ці сталі мають високу міцність, що робить їх придатними для деталей, які працюють в умовах високих навантажень. Наявність хрому забезпечує високу стійкість до абразивного зносу,

										Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34					

що є важливим для деталей, що зазнають тертя. Хром утворює на поверхні сталі захисний шар оксиду, який підвищує стійкість до корозії, особливо в легованих хромистих сталях. Хромисті сталі добре піддаються термічній обробці, що дозволяє регулювати їхні механічні властивості (твердість, пластичність, в'язкість). Вони схильні до крихкості після термічної обробки, особливо при повільному охолодженні, що потребує швидкого охолодження для її усунення. Прокалюваність цих сталей зазвичай становить глибину до 15–25 мм, що впливає на їх застосування для деталей із невеликим перерізом. З підвищенням вмісту вуглецю зростає міцність хромистих сталей, але водночас знижується їхня пластичність і в'язкість. Ці спільні властивості роблять хромисті сталі широко використовуваними в машинобудуванні, зокрема для виготовлення зносостійких і міцних деталей.

Сталь 40X піддають покращенню, тобто комбінованій термічній обробці, що включає гартування і високий відпуск, щоб досягти оптимального балансу механічних властивостей, таких як міцність, пластичність, в'язкість і зносостійкість. Гартування підвищує твердість і міцність матеріалу за рахунок формування мартенситної структури, що забезпечує здатність витримувати значні навантаження. Проте після гартування сталь стає крихкою, тому застосовують високий відпуск, який знімає внутрішні напруження і формує більш рівноважну структуру, що покращує пластичність і в'язкість. Завдяки цьому сталь стає більш стійкою до зношування, ударних і втомних навантажень, що підвищує її експлуатаційну надійність. Крім того, така обробка зменшує ризик залишкових деформацій під час роботи деталей, а також дозволяє адаптувати матеріал до конкретних умов експлуатації, роблячи його універсальним і придатним для використання в машинобудуванні.

1.3 Вибір режиму роботи цеху

Вибір режиму роботи цеху передбачає визначення кількості змін, змінності роботи, а також розрахунок фактичного річного фонду часу для обладнання, робочих місць без устаткування та працівників. Дійсний річний фонд часу роботи одного верстата визначається за формулою.

$$F_{д,в} = [(366 - N_{в,д} - N_{с,д}) \cdot 8 - N_{п,с,д} \cdot 1] \cdot z \cdot k_p, \quad (1.1)$$

де $N_{в,д} = 105$ – кількість вихідних днів;

$N_{с,д} = 10$ – кількість святкових днів;

$N_{п,с,д} = 7$ – кількість передсвяткових днів;

$z = 2$ – кількість змін роботи верстата;

$k_p = 0,95 \dots 0,97$ – коефіцієнт часу перебування верстата в ремонті.

Після підстановки значень у формулу (1.1) отримаємо:

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$F_{д.в.} = [(366 - 105 - 10) \cdot 8 - 7 \cdot 1] \cdot 2 \cdot 0,95 = 3802 \text{ (год.)}$$

Приймаємо $F_{д.в.} = 3805$ годин.

Ефективний річний фонд часу роботи верстатника розраховується за формулою:

$$F_{д.в.} = [(366 - N_{в.д.} - N_{с.д.}) \cdot 8 - N_{п.с.д.} \cdot 1] \cdot k_H, \quad (1.2)$$

де k_H - коефіцієнт, який ураховує використання фонду часу через неявку на роботу:

$$k_H = \frac{100 - C_H}{100} \quad (1.3)$$

де $C_H = 9...12\%$ (відпустки - 5%; захворювання - 2%; державні і суспільні обов'язки - 0,5%; учнівські відпустки - 1%; перерви матерів для годування дітей - 0,5%). В розрахунках приймаємо $C_H = 10\%$.

$$k_H = \frac{100 - 10}{100} = 0,9;$$

Після підстановки значень у формулу (1) отримаємо:

$$F_{д.в.} = [(366 - 105 - 10) \cdot 8 - 7 \cdot 1] \cdot 0,9 = 1801 \text{ (год.)}$$

Приймаємо $F_{д.в.} = 1805$ годин.

Відомості про режими роботи цеху подані у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Дійсні фонди часу на рік

Назва	Змінність праці	Номинальний річний фонд часу, год.	Коефіцієнт простою обладнання в ремонті	Тривалість відпустки	Дійсні річні фонди часу, год.
Обладнання	2	4150	0,95	-	3805
Робочі місця	2	4150	-	-	4150
Працівники	1	2060	-	144	1805

Форми і методи організації технологічних процесів залежить від установленого порядку виконання операцій, розташування технологічного обладнання, кількості виробів і напрямку їх переміщення при виготовленні. Є дві форми організації технологічних процесів: групова і потокова.

Групова форма організації виробництва відрізняється схожістю конструктивно-технологічних характеристик виробів, використанням

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

уніфікованих засобів технологічного оснащення для виконання однієї чи кількох операцій, а також спеціалізованим розподілом робочих місць. База цієї форми групування виробів за конструктивно-технологічними ознаками.

Потокова форма характеризується спеціалізацією кожного робочого місця на виконання певної операції, узгодженим і ритмічним виконанням усіх операцій технологічного процесу на основі такту випуску; розміщенням робочих місць у послідовності, яка відповідає технологічному процесу.

Потокова форма залежно від номенклатури виробів може бути реалізована у вигляді однономенклатурної або багатноменклатурної потокової лінії. Однономенклатурна потокова лінія може бути однопотокова - виготовлення на кожній операції одного об'єкта одного найменування, або багатопотокова - одночасне виготовлення на кожній операції двох і більше об'єктів одного найменування.

Багатноменклатурна потокова лінія – послідовне виготовлення груп виробів двох і більше найменувань за типовим технологічним процесом.

Залежно від характеру переміщення виробу по операціях потокові лінії поділяються на переривчасті та безперервні.

Є також предметна форма організації технологічного процесу. В цьому випадку виготовлення деталі виконується на різних дільницях, обладнання розміщують по групах. Така форма характерна для одиничного виробництва.

1.4 Оцінка типу виробництва

Головною особливістю та ключовою перевагою серійного виробництва порівняно з одиничним є те, що у серійному виробництві вся партія деталей пускається у виробництво одночасно, що забезпечує повторюваність операцій, при якій вигідно широко застосовувати спеціальні пристрої, спеціальний ріжучий та вимірювальний інструменти. Крім того, витрати на підготовку і наладку верстатів розділяються на всю кількість деталей у даній партії.

Величина партії деталей встановлюється в залежності від різноманітності номенклатури виробів, що виготовляються і річної кількості виробів кожного типу і розміру; кількості необхідного періодичного випуску виробів (від строку заказу); комплектності продукції, що випускається; тривалості обробки деталей і складання машин; складності, тривалості і собівартості наладки верстатів; наявності запасу матеріалів.

При виготовленні партії насосів рівній 20000 шт/рік, необхідність у валшестернях буде складати 500 шт.

Під час вибору величини партії деталей виникає питання, наскільки доцільно і рентабельно брати її у розмірі, що перевищує необхідність у деталях на визначений проміжок часу, так як матеріал витрачений на виготовлення деталей, і вкладені у них засоби тривалий час знаходяться без руху, тобто без обігу. З іншого боку, відомо, що чим більша кількість деталей в партії, тим менший підготовчо-заклучний час і затрати на наладку верстатів, що приходить на одну деталь; звідси, величина партії повинна бути такою, щоб

					КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

необхідний матеріал і засоби затрачені на деталь використовувались якомога швидше і щоб затрати на наладку були мінімальними.

Існують відповідні форми організації виробництва і методи розташування обладнання, які визначаються характером виробу, технологічного процесу, об'ємом випуску та рядом інших факторів.

Форма організації виробництва – поточно-серійна. Ця форма властива серійному виробництву. Верстати розташовані в послідовності технологічних операцій. Виробництво йде партіями, при чому партії можуть відрізнятися одна від одної. Виготовлені деталі зберігають біля верстатів, а потім транспортуються. Деталі, що вже оброблені на одному верстаті і очікують надходження на інший, зберігаються або біля верстатів, або на спеціальних площадках між станками, де проводиться контроль деталей. Обчислимо програму запуску для виробів:

$$N_{\text{зап}} = (N_{\text{вип}} + N_{\text{зч}}) \cdot (1 + k_{\text{бр}}), \quad (1.4)$$

де $N_{\text{вип}}$ – річна програма випуску виробів, тис. од;

$N_{\text{зч}}$ – кількість виробів, які йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{\text{бр}}$ – коефіцієнт, який враховує технологічні витрати, що не можливо уникнути; приймаємо рівним 2-3 % від сумарної кількості виробів, які формують програму випуску та які йдуть на запчастини.

$$N_{\text{зап}} = (20000 + 1000) \cdot (1 + 0,03) = 21630 \text{ од.}$$

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, характеризується ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності та об'єму випуску виробів. В залежності від розмірів виробничої програми, характеру виробництва і випускаємої продукції, а також умов виконання технологічного процесу розрізняють три основних типи виробництва: одиничне, серійне, масове.

Таблиця 1.3 – Подетальна річна програма цеху

Назва виробу	Маса одного виробу	Річна програма випуску					
		штук			тон		
		Основна	Запасні частини	Разом	Основна	Запасні частини	Разом
Вал-шестерня	0,931	20000	1630	21630	18,6	1,517	20,12

Отже, тип виробництва серійний.

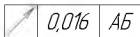
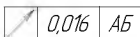
					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.01.34</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз точнісних параметрів та технологічності вала-шестерні

Визначаємо доцільність та однозначність заданих вимог точності і шорсткості поверхонь деталі та раціональність проставлення розмірів із точки зору технологічності обробки заданих деталей.

Таблиця 2.1 – Аналіз точнісних параметрів “вал-шестерні”.

№ поверхні	Назва поверхні	Розміри з відхиленням	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	R _a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1,2	Торці деталі	233 _{-1,15}	±IT14/2	-	-	12,5
3,8	Циліндрична поверхня	∅20 _{-0,033}	f8	-	-	1,6
4, 9	Торці	50 _{-0,025} _{-0,050}	f7	-		0,8
5	Поверхня вершини зубців	∅65 _{-0,060} _{-0,106}	e8	-		1,6
6, 11	Фаски	1±0,25	IT14/2	-	-	12,5
7, 12	Фаски	0,5±0,25	IT14/2	-	-	12,5
10	Циліндрична поверхня	∅12 _{-0,016} _{-0,034}	f7	-	База Б	1,6
13	Паз	6 _{-0,010} _{-0,055}	f8	-	-	1,6

У аналізі параметрів точності деталі, що висвітлено у таблиці, визначено, що вимоги до точності та поверхонь деталі є обґрунтованими і відповідають призначенню поверхонь в складі вузла. Найвища точність має квалітет 7, а найменша шорсткість поверхонь становить Ra=0,8 мкм. Деталі можуть бути виготовлені без труднощів в умовах серійного виробництва.

Аналіз технологічності деталі “вал-шестерня” проводимо з урахуванням особливостей технологічних методів обробки, конкретних умов і типу виробництва.

Аналіз технологічності “вал-шестерні” в таблицю 2.2.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разроб.</i>	<i>Ігнацевич</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>				<i>Технологічна частина</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>				<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

Таблиця 2.2 – Аналіз технологічності деталі “вал-шестерня”

№ п.п	Показники і вимоги технологічності	Висновок до технологічності деталі	Заходи для поліпшення технологічності
1	2	3	4
1.	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Технологічні бази обрані вдало, поверхні 1, 2 на які деталь зручно базуватися і закріплюватись	Заходи для покращення технологічності баз не потрібні
2.	При конструюванні валів з шпоночними канавками дають перевагу канавкам, що оброблені дисковою фрезою	В нашому випадку шпоночна канавка обробляється дисковою фрезою	-
3.	Вали повинні мати центрові отвори при обробці і контролі	Вал-шестерня має центрові отвори	-
4.	У разі якщо присутня на валу шпоночний паз, то глибину паза проставляють від дна до нижньої твірної		-
5.	Припуски на заготовках повинні бути мінімальними	Заготовка має мінімально-допустимі припуски, які забезпечують отримання деталей без браку	-
6.	Необхідна перевірка співвідношень між квалітетами точності та шорсткості поверхонь		-

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів

Проведемо аналіз існуючого техпроцесу виготовлення деталі "вал-шестерня", що застосовується на Полтавському турбомеханічному заводі.

Заготовка вал-шестерні виготовляється методом штампування на молотах, що є обґрунтованим вибором з огляду на геометричну конфігурацію деталі та серійний тип виробництва.

Оскільки вал-шестерня виготовляється в умовах серійного виробництва, на підприємстві для його обробки використовуються універсальні верстати. Пропонується впровадити верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК). Це дозволить майже повністю автоматизувати механічну обробку різанням, значно підвищити точність розмірів, скоротити обсяги робіт із розмітки і слюсарних робіт, а також забезпечити більш високу точність взаємного розташування конструктивних елементів деталі.

Вибір технологічних баз можна вважати вдалим: на початкових операціях створюються зручні технологічні бази – поверхні 1 і 2 деталі "вал-шестерня", які надалі використовуються для планування механічної обробки.

У діючих та розроблених сучасних технологічних процесах, розроблених і описаних нижче, переважно використовується універсальний різальний інструмент, а не спеціальний, із метою знизити собівартість і витрати на виготовлення деталі.

					КНУ.КМР.131.24.2-02.02.Т4	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.3 Вибір методів одержання заготовок

Виготовлення заготовки є одним із найважливіших етапів у машинобудуванні, оскільки якість і точність заготовки безпосередньо впливають на ефективність подальшої обробки, витрати матеріалів і трудомісткість процесу. Правильно спроектована і виготовлена заготовка дозволяє мінімізувати обсяг механічної обробки, зменшити кількість відходів, підвищити економічну ефективність виробництва та забезпечити необхідні механічні властивості готової деталі. Крім того, якісна заготовка знижує ризик дефектів у кінцевому виробі, що особливо важливо для деталей, які працюють у складних умовах.

Методи виробництва заготовок зі сталі включають лиття, кування, прокатку, зварювання, порошкову металургію, а також газове або плазмове різання. Лиття дозволяє створювати заготовки складних форм із високою точністю. Кування забезпечує високу міцність матеріалу та використовується для деталей, що працюють під навантаженням. Прокатка дає можливість отримати заготовки стандартного профілю або високоточні деталі з поліпшеними механічними властивостями. Зварювання підходить для створення складних заготовок шляхом з'єднання окремих елементів. Порошкова металургія дозволяє виготовляти деталі з високою однорідністю матеріалу. Газове чи плазмове різання використовується для отримання заготовок із листів або плит шляхом розкрою. Обрання методу залежить від вимог до міцності, точності та економічної доцільності.

З огляду на зазначені вимоги, заготовку "вал-шестерня" зі сталі 40X ДСТУ 7806:2015 можна виготовляти кількома способами. Серед ґрунтованих і доцільних методів виділяються вільне кування та штампування кованок на молотах.

Процес кування заготовки полягає у формуванні металу шляхом пластичної деформації під впливом зовнішніх сил. Заготівку, нагріту до певної температури, піддають ударам молота або тиску преса, змінюючи її форму відповідно до необхідного контуру. При цьому відбувається покращення структури матеріалу, збільшення його міцності, пластичності та ударної в'язкості. Кування може виконуватися у вільному стані, коли метал деформується без обмеження форми, або у штампах, де деформація відбувається у заздалегідь підготовлених порожнинах, що задають форму майбутньої деталі.

Заготовки, виготовлені вільним куванням, мають кілька важливих переваг. По-перше, цей метод дозволяє отримувати деталі з покращеними механічними властивостями завдяки поліпшеній структурі металу, що утворюється під час процесу кування. Вільне кування дозволяє зменшити кількість пор і дефектів в матеріалі, що забезпечує високу міцність, пластичність та в'язкість. По-друге, цей метод є універсальним і дає можливість виготовляти заготовки різних форм і розмірів, що робить його підходящим для деталей, які мають складну геометрію або високі вимоги до механічних властивостей. Крім того, вільне кування дозволяє мінімізувати кількість відходів матеріалу, що також знижує витрати.

Недоліки заготовок, виготовлених вільним куванням, включають складність отримання високої точності розмірів, оскільки процес не завжди

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

дозволяє досягти необхідних допусків без подальшої обробки. Це може призвести до збільшення витрат на обробку та подальші операції. Крім того, вільне кування потребує значних витрат енергії та часу, що може збільшити загальні витрати на виготовлення. Також, цей метод не завжди підходить для масового виробництва, оскільки він вимагає великої кількості ручної праці та спеціалізованих інструментів.

Виготовлення заготовок у штампах здійснюється шляхом деформації металу в спеціальних формах — штампах, що надають заготовці потрібну форму. Для цього заготовку розміщують в штамп, де її піддають тиску або ударам, що викликають пластичну деформацію. Метал нагрівається до певної температури, щоб полегшити процес деформації та зменшити знос інструментів. У результаті деформації метал приймає форму порожнини штампа.

Процес виготовлення заготовок у штампах може включати кілька етапів. Наприклад, спочатку може бути здійснено попереднє штампування для надання заготівці початкової форми, а потім фінішне штампування для досягнення точних розмірів і форми. Використання штампів дозволяє досягти високої точності заготовок, зменшити обсяг подальших обробок та забезпечити високу повторюваність при серійному виробництві.

Гаряча штампування полягає в тому, що заготовка нагрівається до високих температур (зазвичай 800-1200 °C) перед тим, як потрапити в штамп. Така температура зменшує опір матеріалу до деформації, що дозволяє з легкістю надавати заготовці бажану форму. Цей метод використовується для обробки матеріалів, які мають високу міцність або складні геометричні форми, а також для великих заготовок. Гаряча штампування дозволяє отримувати деталі з високою точністю та поліпшеною структурою матеріалу.

Холодна штампування відбувається при кімнатній температурі або при температурах, близьких до неї. В цьому випадку матеріал залишається у своєму природному стані, і деформація здійснюється без попереднього нагріву. Холодна штампування дозволяє отримувати високу точність і покращену поверхню деталі. Цей метод є більш енергоефективним і часто застосовується для виробництва дрібних деталей у серійному виробництві, таких як різноманітні пластини, шайби або втулки. Однак холодна штампування має обмеження по матеріалу, оскільки деякі метали можуть бути занадто твердими для ефективної деформації при кімнатній температурі.

Основна відмінність між ними полягає в умовах деформації: гаряча штампування вимагає високих температур, що полегшує процес, а холодна штампування здійснюється без нагрівання, що дозволяє зберегти властивості матеріалу.

Штампування на молотах — це процес деформації металу, при якому заготовка піддається ударам молота, що передаються через спеціальний штамп. Цей метод застосовується для обробки матеріалів, коли необхідно отримати деталі з високими механічними властивостями та певною геометрією. Заготівка, яку зазвичай попередньо нагрівають до необхідної температури, розміщується між двома частинами штампа, одна з яких є нерухомою, а інша рухається за

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

допомогою молота. Молот виконує серію ударів, що змінюють форму заготовки, надаючи їй бажаний контур.

Під час процесу метал переживає пластичну деформацію, що дозволяє виготовляти деталі складної форми, зокрема, вал-шестерні та інші елементи. Штампування на молотах широко використовується для великих заготовок або серійного виробництва, оскільки дозволяє значно знизити витрати матеріалу та покращити механічні властивості кінцевих деталей.

Штампування має кілька переваг порівняно з вільним куванням. Однією з основних переваг є високий рівень точності виготовлених заготовок. Завдяки використанню спеціальних штампів, які визначають форму деталі, штампування дозволяє досягати більш високої точності розмірів і геометрії порівняно з вільним куванням, де форма заготовки визначається лише за допомогою молота або преса.

Штампування також є більш ефективним для масового та серійного виробництва. Оскільки процес штампування автоматизований і включає використання форм, він дозволяє значно скоротити час виготовлення деталі та знизити трудозатрати. Це робить його більш економічним, особливо при великому обсязі виробництва.

Крім того, штампування дозволяє зменшити витрати матеріалу, оскільки деформація відбувається в чітко визначених межах штампа, що мінімізує відходи. Це забезпечує більш високу вихідну ефективність і знижує собівартість виготовлення.

Завдяки автоматизації та можливості застосовувати складні форми штампування, процес дозволяє отримати деталі з високою поверхневою якістю, знижуючи необхідність у подальшій обробці.

Однак варто зазначити, що вільне кування має свої переваги у випадках, коли потрібно отримати більш складні або великі заготовки, а також коли необхідно досягти покращених механічних властивостей матеріалу.

Штампування на молотах має кілька недоліків. Першим є високе споживання енергії, оскільки для того, щоб забезпечити необхідну силу удару молота, потрібні значні енергетичні витрати. Це може призводити до високих витрат на експлуатацію та обслуговування обладнання.

Другим недоліком є обмеження щодо геометрії виробів. Штампування на молотах зазвичай використовується для виготовлення заготовок простих або середньої складності форм. Для більш складних деталей, які мають тонкі або деталі з високими точностями, цей метод може бути менш ефективним, ніж інші методи, такі як штампування в пресах або інші технології.

Крім того, штампування на молотах має меншу продуктивність порівняно з іншими методами, такими як штампування в пресах, особливо при серійному виробництві. Молоти здатні працювати з меншою швидкістю, що може знизити загальну ефективність процесу.

Також, під час штампування молотом є більший знос інструментів, що вимагає частішої заміни молотів і штампів, збільшуючи витрати на підтримку обладнання та обслуговування.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

У порівнянні з іншими методами обробки, штампування на молотах також може забезпечити нижчі рівні точності та поверхневого покриття заготовок, що часто вимагає додаткової обробки після формування.

2.4. Обчислення вартості методу виготовлення заготовки вала-шестерні

Вибір методу виготовлення заготовки обґрунтовують на основі кількох ключових факторів, які визначають оптимальність і економічну доцільність процесу для конкретної деталі або виробу. Перш за все, важливим є тип і геометрія деталі. Якщо деталь має складну форму або великі розміри, вибір може припадати на методи, що дозволяють отримати деталі з мінімальними відходами матеріалу, наприклад, штампування чи кування.

Наступним важливим аспектом є вимоги до механічних властивостей матеріалу. Якщо деталі потребують підвищеної міцності або інших специфічних характеристик, вибір методу виготовлення обґрунтовують тим, як той чи інший метод сприяє поліпшенню механічних властивостей заготовки, таких як міцність, пластичність або твердість. Наприклад, гаряче кування дозволяє покращити структуру металу і досягти необхідних властивостей.

Технічні вимоги до точності заготовки також важливі. Якщо потрібно забезпечити високу точність розмірів, то вибір може припадати на методи, такі як штампування в пресах або обробка на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПУ). У разі менш жорстких вимог до точності можуть бути використані методи кування або штампування.

Не менш важливими факторами є економічні міркування. Сюди відносяться вартість матеріалу, витрати на енергію, трудозатрати, необхідність у спеціалізованому обладнанні, а також обсяг виробництва. Для серійного або масового виробництва вибір методу виготовлення заготовки обґрунтовується за критерієм економічної ефективності, коли використовуються методи, що дозволяють знизити витрати на одиницю продукції.

І, нарешті, важливо враховувати доступність технологічного обладнання та кваліфікацію персоналу. Для вибору методу виготовлення може бути вирішальним фактором наявність відповідних верстатів, молотів або пресів, а також досвід і здатність персоналу працювати з певними технологіями.

Порівняємо вартість виготовлення заготовки методом кування по критерію технологічної собівартості.

Обчислимо ціну кованки згідно:

$$C_K = 0,01 \cdot [C_{ок} \cdot G_k \cdot K_{тк} \cdot K_{ск} \cdot K_{мк} \cdot K_{пк} \cdot K_{ок} - (G_k - G_d) \cdot C_{ок}] , \quad (2.1)$$

де $C_{ок}$ - базова ціна 1 т матеріалу, грн.; G_k - маса кованки, кг.; $K_{тк}$, $K_{ск}$, $K_{мк}$, $K_{пк}$, $K_{ок}$ - коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виді кувального обладнання; $C_{ок}$ - ціна відходів матеріалу, грн.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Необхідно визначити для заготовки вала-шестерні наступні коефіцієнти: по степені складності віднесемо С2; сталь відноситься до групи М2; по геометрії деталі клас точності можна призначити Т4; по кількості виготовлення деталей на рік припустимо, що група серійності 2.

По довідниковим даним знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{mk} = 1,23 \text{ (для класу точності Т4);}$$

$$K_{ck} = 1,14 \text{ (для групи складності 2);}$$

$$K_{mk} = 1,23;$$

$$K_{mk} = 1,15;$$

$$K_{ek} = 1,54.$$

Припустимо, що оптова вартість 1 т сталі 40Х становить 2421 грн., а для відходів сталі цієї ж марки – 260 грн.

Обчислимо вартість кованок для обговорюваних двох методів виготовлення заготовок: вільного кування і штампування на молотах:

$$C_{\kappa}^{в.кув.} = 0,01 \cdot [2421 \cdot 2,32 \cdot 1,23 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,54 \cdot 1,14 - (2,32 - 0,931) \cdot 260] = 16,8 \text{ грн,}$$

$$C_{\kappa}^{ш.м.} = 0,01 \cdot [2421 \cdot 1,16 \cdot 1,23 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,54 \cdot 1,14 - (1,16 - 0,931) \cdot 260] = 8,5 \text{ грн,}$$

Із обчислення випливає, що вартість кованок виготовлених штампуванням на молотах менша, ніж вартість кованок, виготовлених вільним куванням.

Далі порівняємо ще вартість механічної обробки різанням заготовок виготовлених цими двома методами:

$$C_{mex} = C_{стр} \cdot (M_з - M_д), \quad (2.2)$$

де $C_{стр}$ - оптова ціна зняття 1 кг. матеріалу механічною обробкою, $C_{стр} = 1,15$ грн/кг.; $M_з$ - маса заготовки, кг.; $M_д$ - маса деталі, кг.;

$$C_{mex}^{в.кув.} = 1,15 \cdot (2,33 - 0,931) = 1,6 \text{ грн,}$$

$$C_{mex}^{ш.м.} = 1,15 \cdot (1,16 - 0,931) = 0,26 \text{ грн,}$$

Знову із обчислень очевидно, що методо штампуванням на молотах вигідніший за обробку кованок отриманих вільним куванням.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.Т4</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Тоді, метод виготовлення заготовок затверджуємо як найвидніший і технологічно обгрунтований – штампування на молотах.

2.5 Вибір методів обробки поверхонь

Кожна поверхня деталі виконує свою специфічну функцію, тому вимоги до неї можуть значно відрізнятись, включаючи вимоги до точності, шорсткості та інших параметрів. Для досягнення цих вимог використовуються різні технологічні методи обробки. При створенні маршруту обробки поверхонь важливо враховувати, що кожний наступний етап обробки повинен забезпечувати вищу точність порівняно з попереднім.

К-сть етапів обробки можна обчислити так:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_g} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{n-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_g} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i, \quad (2.3)$$

де ε - загальне уточнення; ε_i - окремі ступені уточнення; n - число ступенів обробки; T_3 , T_g , T_i - допуски відповідно для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Для коректної оцінки кількості операцій обробки слід брати до уваги стандартні рекомендації: для першого етапу обробки, тобто, чорнової обробки $\varepsilon < 6$; для проміжних механічних обробок (напівчистових операцій) $\varepsilon = 3-4$; для кінцевих етапів (чистої обробки) $\varepsilon = 1,5-2$.

Також для обчислення кількості обробок можна використати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46 \quad (2.4)$$

Можливі варіанти маршрутів обробки поверхоні “вал-шестерні” представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхонь вал-шестерня

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, σ_g , мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготованкл, σ_3 , мм	Припускаючий квалітет	Загальне уточнення $\varepsilon_{\text{заг}} = \sigma_y / \sigma_g$	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, δ , мм	Прив. коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення $\varepsilon = \Pi \varepsilon_i$
							Номер маршруту, n_p	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1, 2	14	1,15	12,5	2	15	1,74	1	1. Фрезерування	14	1,15	1,74	1,74

					КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ					Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						

Оптимізація часу виготовлення — кожен етап обробки повинен бути організований так, щоб зменшити час на виготовлення без шкоди для якості.

Урахування вартості — потрібно звернути увагу на економічну ефективність, вибираючи методи, які зменшують собівартість виробу без втрат у якості.

Таким чином, маршрут виготовлення деталі є важливим інструментом для забезпечення ефективного та точного виробничого процесу.

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки деталі “вал-шестерня”

Номер та назва операції	Зміст операції (за переходами)	Обладнання
1	2	3
015 Фрезерно- центрувальна	Установити, зняти 1. Фрезерувати торці 1, 2 2. Свердлити центрові отвори одночасно	Фрезерно- центрувальний верстат моделі МР-71М
020 Токарна	Установити, зняти 1. Обточити поверхню 3 начерно 2. Підрізати торець 4 начерно 3. Обточити поверхню 5 начерно 4. Проточити підточку по торцю 4 5. Обточити фаску 6 6. Обточити фаску 7	Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62
025 Токарна	Установити, зняти 1. Обточити поверхню 8 начерно 2. Підрізати торець 9 начерно 3. Обточити поверхню 10 начерно 4. Проточити підточку по торцю 9 5. Обточити фаску 11 6. Обточити фаску 12	Токарно-гвинторізний верстат моделі 1К62
030 Фрезерна	Установити, зняти 1. Фрезерувати паз 13	Шпонково-фрезерний верстат моделі 6921
035 Зубофрезерна	Установити, зняти 1. Фрезерувати 8 зубців в два проходи	Зубофрезерний верстат моделі 53А20В
045 Шліфувальна	Установити, зняти 1. Шліфувати поверхні 3, 4, 5 Переустановити 2. Шліфувати поверхні 10, 8, 9	Крупношліфувальний верстат моделі 3В151А

Технологічний контроль здійснюється на різних етапах виробничого процесу. Він передбачається перед виконанням складних операцій, перед термічною обробкою та наприкінці технологічного процесу. Це дозволяє перевірити відповідність заготовки та виготовленої деталі технічним вимогам, виявити можливі дефекти та вчасно внести коригування в процес виробництва.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Контроль перед термічною обробкою забезпечує правильну підготовку матеріалу до змін його властивостей, а після завершення технологічного процесу — перевірку точності та якості готової деталі.

Маршрути обробки деталі приведені в таблиці 2.4.

2.7 Розробка структури, змісту технологічних операцій, технологічних баз

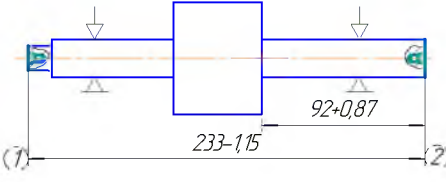
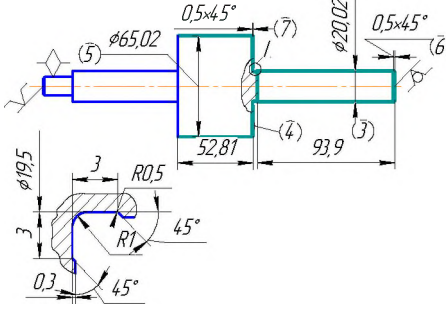
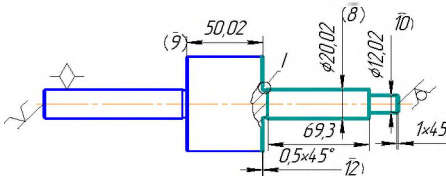
Призначення баз – це один з найскладніших розділів проектування технологічних процесів. Розробка та вибір баз проводяться паралельно.

На основі аналізу технічних вимог до вузла та деталей, з урахуванням маршруту обробки окремих поверхонь даних деталей, дотримуючись принципів єдності та сталості баз встановлюємо технологічні бази для всіх операцій обробки, враховуючи рекомендації [1, 3-5].

Розглянемо розроблені структуру та зміст технологічних операцій обробки деталі вал-шестерня, які приведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Структура та зміст технологічних операцій обробки вал-шестерні

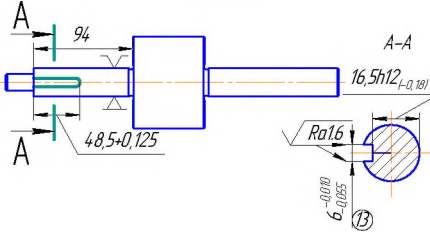
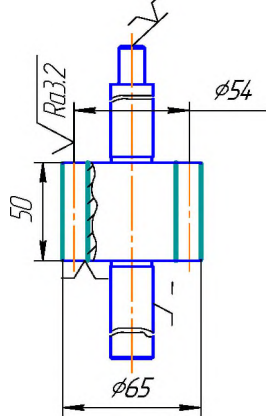
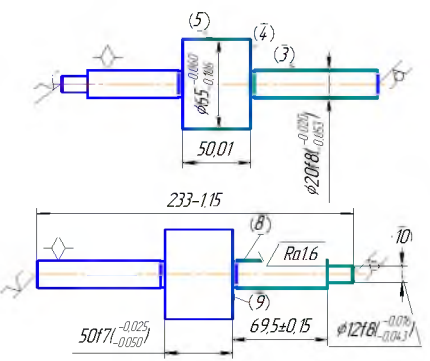
Номер та назва операції	Найменування і модель верстата, пристосування	Операційний ескіз	Номер і зміст переходів та установ	Різальний інструмент	Вимір ювальний інструмент
1	2	3	4	5	6
005 Заготівельна					
010 Термічна			Загартування у воді, високий отпуск 600°C 2 години		

1	2	3	4	5	6
015 Фрезерно-центрально-верстат	Фрезерно-центрально-верстат моделі MP-71M		Встановити та зняти деталь 1. Фрезерувати торці 1,2. 2. Свердлити центрові отвори одночасно	1. Державка DSSNR/L2525 X12JETI [1, с. 210] 2. Свердло SNMG120416-M5 [1, с. 451] 2. Свердло 2317-0006 згідно стандарту	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
020 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1K62 Патрон поводковий		Встановити та зняти деталь 1. Обточити поверхню 3 начисто 2. Підрізати торць 4 начерно 3. Обточити поверхню 5 начерно 4. Проточити підточку по торцеві 4 5. Обточити фаску 6 6. Обточити фаску 7	1, 4. Державка DWLNR/L2525 X06JETI [1, с. 214] Пластина WNMG060408-M3 [1, с. 477] 2, 3, 5, 6. Державка DSSNR/L2525 X12JETI [1, с. 210] Пластина SNMG120416-M5 [1, с. 451]	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
025 Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1K62		Встановити та зняти деталь 1. Обточити поверхню 8 начерно 2. Підрізати торць 9 начерно 3. Обточити поверхню 10 начерно 4. Проточити підточку по торцеві 9 5. Обточити фаску 11 6. Обточити фаску 12	1, 2, 3, 5, 6. Державка DSSNR/L2525 X12JETI Пластина SNMG120416-M5 4. Державка DCLCR/L2525 X09JETI [1, с. 206] Пластина CCGT09T304-F1 [1, с. 419]	Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018

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

КНУ.КМР.131.24.2-02.02.Т4

Аркуш

1	2	3	4	5	6
030 Фрезерна	Шпонково-Фрезерний верстат моделі 6921 Тиски		Встановити та зняти деталь 1. Фрезерувати паз 13	Фреза дискова 2500 [3, с. 88], профіль I згідно DIN 3972, HSS	Глибинний шпоночний ПІ-100 згідно стандарту
035 Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат моделі 53A2 0B		Встановити та зняти деталь 1. Фрезерувати зубці в два проходи	1. Фреза черв'ячна 2510-42018 згідно стандарту P6M5 ДСТУ ISO 513:2015	Зубомір зміщення М1- В згідно стандарту Норма лемір М02-В згідно стандарту Крокомір М1-В згідно стандарту
045 Шліфувальна	Круглошліфувальний верстат моделі 3В15 1А Патрон		Встановити та зняти деталь 1. Шліфувати поверхні 3, 4, 5. 2. Перевстановити деталь 1. Шліфувати поверхні 10, 8, 9.	Шліфувальний круг 1-175×16×32-25А-40-Р-6-V-50-А-1 [2, с. 120]	Скоба Ø 20 8113-0112 f8 згідно стандарту Скоба 8113-0147 e8 згідно стандарту Скоба Ø 12 8113-0104 f8 згідно стандарту

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

КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ

Аркуш

1	2	3	4	5	6
050 Миєч на	Миєч на маши на		Промити деталь		
055 Конт рольн а			Технічний контроль		

2.8 Вибір оснащення верстату

Вибір оснастки і пристосувань є важливим етапом у забезпеченні ефективного і точного виготовлення деталей. Ось кілька рекомендацій щодо їх вибору.

Аналіз технологічних вимог до деталі. Перш за все, необхідно враховувати точність, складність геометрії, матеріал і призначення деталі. Оснастка повинна забезпечувати стабільність обробки, точність розмірів і відповідність вимогам до шорсткості поверхні.

Для одиничного або малосерійного виробництва можуть використовуватись універсальні пристосування, тоді як для серійного чи масового виробництва доцільно застосовувати спеціалізовану оснастку, яка дозволяє досягти високої продуктивності та точності при мінімальних витратах часу.

Якщо є можливість, оснастка повинна бути універсальною для обробки кількох типів деталей або різних операцій, щоб знизити витрати на виготовлення та обслуговування оснастки.

Пристрої і оснастка повинні бути простими в налаштуванні, регулюванні та обслуговуванні, що знижує час на підготовку і забезпечує безперебійну роботу виробництва.

Матеріали для виготовлення оснастки повинні бути достатньо міцними і зносостійкими, щоб витримувати високі навантаження та забезпечувати тривалий термін експлуатації без втрати точності.

При виборі пристосувань важливо враховувати зручність для оператора, а також заходи безпеки, щоб уникнути травм і забезпечити комфортну роботу.

При виборі оснастки для верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПУ) слід враховувати можливість автоматизації процесів заміни оснастки, що дозволяє скоротити час на переналагодження і підвищити ефективність виробництва.

Оснастка повинна бути вибрана таким чином, щоб її вартість була виправдана продуктивністю, а також забезпечувала оптимальне співвідношення витрат на виготовлення та обслуговування в умовах конкретного виробництва.

Загалом, вибір оснастки і пристосувань повинен бути орієнтований на забезпечення ефективності технологічного процесу, точності обробки та мінімізації витрат на виробництво.

Із довідникової літератури [7] визначимо пристосування для закріплення вала у верстаті. Інформацію про затискне оснащення приведено у таблиці 2.6.

					КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 – Затискне верстатне оснащення для вала-шестерні

Номер операції	Найменування пристрою	Код	Стандарт
020	Патрон поводковий	7108-0025	Згідно стандарту
025	Патрон поводковий	7103-0025	Згідно стандарту
030	Тиски	7200-02001	Згідно стандарту
035	Підставка спеціальна	7108-0025	Згідно стандарту
045	Патрон поводковий	7103-0025	Згідно стандарту

2.9 Вибір різальних інструментів

Вибір різального інструменту для обробки деталей зі сталі залежить від кількох факторів, зокрема від виду обробки, типу сталі та вимог до точності. Перш за все, необхідно визначити тип сталі, оскільки різні сталі мають різні механічні властивості, що впливає на вибір інструменту. Для обробки високовуглецевих або легованих сталей, які мають високу міцність, потрібно використовувати інструменти з твердих матеріалів, таких як тврдосплавні чи високошвидкісні сталі, щоб забезпечити достатню зносостійкість і довговічність інструменту. Вибір інструменту також залежить від технологічного процесу: для точних операцій, як-от фрезерування або точіння, варто використовувати інструменти з високою точністю виготовлення і стійкістю до перегріву. Крім того, для зменшення часу на обробку і підвищення ефективності варто враховувати інструменти, які здатні забезпечити хорошу продуктивність при обробці на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПУ). При виборі також необхідно враховувати шорсткість оброблюваної поверхні, оскільки для досягнення низької шорсткості поверхні слід вибирати інструменти з точними геометриями та відповідними властивостями. Важливо також врахувати тип операції: для грубої обробки підходять інструменти з високою зносостійкістю, тоді як для фінішної обробки необхідні інструменти, що забезпечують високу точність і мінімальну шорсткість.

Інформацію про різальний інструмент взято із каталогів [1-5] та приведено у таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Різальний інструмент для механічної обробки вал-шестерні

Операція	Переходу	Найменування інструмента	Стандарт	Різальна частина
			Код	Код, матеріал
1	2	3	4	5
015	1	Різець	Державка DSSNR/L2525X12JETI [1, с. 210]	Пластина SNMG120416-M5, твердий сплав TP0501
	2	Свердло центрове	2371-0006	
020	1, 4	Різець	Державка DWLNR/L2525X06JETI [1, с. 214]	Пластина WNMG060408-M3 [1, с. 477], твердий сплав TP1501
	2, 3, 5, 6	Різець	Державка DSSNR/L2525X12JETI [1, с. 210]	Пластина SNMG120416-M5 [1, с. 451], твердий сплав TP0501

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

1	2	3	4	5
025	1, 2, 3, 5, 6 4	Різець Різець	Державка DSSNR/L2525X12JETI [1, с. 210] Державка DCLCR/L2525X09JETI [1, с. 206]	Пластина SNMG120416-M5 [1, с. 451], твердий сплав TP0501 Пластина CCGT09T304-F1 [1, с. 419]
030	1	Фреза дискова	2500 [3, с. 88], профіль І згідно DIN 3972	HSS
035	1	Фреза черв'ячна	2510-42018 згідно стандарту	P6M5 ДСТУ ISO 513:2015
045	1, 2	Круг шліфувальний	Шліфувальний круг 1-175×16×32-25A-40-P-6-V- 50-A-1 [2, с. 120]	-

2.10 Вибір вимірювальних і контрольних пристроїв

Вибір контрольного вимірювального інструменту для обробки деталей зі сталі після токарних і фрезерних операцій потребує врахування кількох важливих факторів, таких як точність вимірів, тип оброблюваної деталі, її геометрія і розміри.

Таблиця 2.8 – Вимірювальний інструмент та контрольні пристосування для контролю деталі вал-шестерня

Номер		Параметр деталі, що контролюється	Найменування вимірювального інструменту	Стандарт	
Операції	Переходу			Код	Стандарт
1	2	3	4	5	6
015		$L=233_{-1,15}$	Штангенциркуль	ШЦ II-250- 0,1	ДСТУ EN ISO 13385-1:2018
020	1, 2, 3, 4, 5 6	$\varnothing 20,02$; $L=$ $51,6_{-0,5}^{-0,9}$; $\varnothing 65,02$; Фаска 1x45° Фаска 0,5x45°	Штангенциркуль Шаблон 1x45° Шаблон 0,5x45°	ШЦ I-125- 0,1	ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Згідно стандарту
025	1, 2, 3, 4, 5 6	$\varnothing 20,02$; $L=50,2$; $\varnothing 12,02$ Фаска 1x45° Фаска 0,5x45°	Штангенциркуль Шаблон 1x45° Шаблон 0,5x45°	ШЦ I-125- 0,1	ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 Згідно стандарту
030	1	$L=3,5$	Глибномір шпоночний	ГІ-100	Згідно стандарту
035	1		Зубомір зміщення Нормалемір Крокомір	M1-B M02-B M1-B	Згідно стандарту
045		$\varnothing 20_{-0,033}$ $\varnothing 65_{-0,06}^{-0,05}$ $\varnothing 12_{-0,02}$	Скоба $\varnothing 20$ Скоба $\varnothing 65$ Скоба $\varnothing 12$	8113-0112f8 8113-0147e8 8113-0104f8	Згідно стандарту

										Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ					

Для вимірювання розмірів зазвичай використовують мікрометри, штангенциркулі та індикатори, що забезпечують високу точність, оскільки після токарних і фрезерних операцій часто потрібна детальна перевірка розмірів та відповідність допусків. Мікрометри використовуються для вимірювання діаметрів валів і зовнішніх розмірів деталей, штангенциркулі — для вимірювання внутрішніх та зовнішніх розмірів, а також глибин.

Якщо необхідно визначити точність геометричних форм, таких як круглота або плоскостність, використовують індикатори або контрольно-вимірювальні пристрої, здатні зафіксувати відхилення від ідеальної форми. Для більш складних вимірювань, таких як перевірка профілю різьби, застосовуються спеціальні калібри або граничні вимірювальні інструменти. Вибір вимірювального інструменту також залежить від розмірів деталі та її геометрії, адже для великих деталей потрібні інструменти з більшою діапазонною здатністю, тоді як для мікророзмірів необхідно використовувати високоточні інструменти з мінімальною похибкою. Важливо також враховувати матеріал інструменту, адже для вимірювання деталей зі сталі підходять інструменти з високою зносостійкістю, наприклад, інструменти з твердосплавних матеріалів, що забезпечують точність вимірів протягом тривалого часу.

Інформацію про інструмент для технічного контролю дійсно із довідкової літератури та приводимо у таблиці 2.8.

2.11 Визначення припусків і операційних розмірів

Обчислимо припуски на поверхні вала-шестерні $\varnothing 20h7$.

Точіння чорнове і чистове – операції, які входять обов'язково у технологічний маршрут обробки поверхні вала-шестерні $\varnothing 20h7_{(-0,013)}$.

Оскільки обробка проводиться на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК), установка деталі в таких центрах забезпечує високу точність, і похибка установки в радіальному напрямку дорівнює нулю. Це важливо, оскільки відсутність похибки в цій площині сприяє точному виконанню розмірів деталі, що розраховуються.

Тоді цей коефіцієнт вилучаємо з рівняння для калькуляції мінімального припуску. Сумарне відхилення ρ_3 , розраховуємо за формулою 2.5:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{CM}^2 + \rho_{КОР}^2 + \rho_{Ц}^2} \quad \text{Т} \quad (2.5)$$

де $\rho_{CM} = 1 \text{ мм}$, $\rho_{КОР} = \Delta_k \cdot l = 1 \cdot 180 = 180 \text{ мкм}$.

$$\rho_{Ц} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = \sqrt{1,3^2 + 0,25^2} = 1,32 \text{ мм}.$$

Отже згідно до формули 3.3:

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$\rho_3 = \sqrt{1^2 + 0,180^2 + 1,32^2} = 1,666 \text{ мм} = 1666 \text{ мкм} .$$

Результат обчислення значення відхилення від розміру:
після чорнового точіння:

$$\rho_3 = 0,06 \cdot 1666 = 99,9 \text{ мкм} \approx 100 \text{ мкм} ;$$

після чистового точіння:

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 1666 = 67 \text{ мкм} ;$$

після шліфування:

$$\rho_3 = 0,02 \cdot 1666 = 33 \text{ мкм} .$$

Обчислення міні значень припусків $2Z_{\min}$ мкм робимо по 2.6:

$$2Z_{\min i} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}) . \quad (2.6)$$

Міні припуск для операції чорнового точіння:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (150 + 250 + 1666 + 500) = 2 \cdot 2546 \text{ мкм} .$$

Міні припуск для операції чистового точіння:

$$2Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 100) = 2 \cdot 200 \text{ мкм} .$$

Міні припуск для операції шліфування чорнового:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (30 + 30 + 67) = 2 \cdot 127 \text{ мкм} .$$

Міні припуск для операції шліфування чистового:

$$2Z_{\min 1} = 2 \cdot (10 + 10 + 33) = 2 \cdot 53 \text{ мкм} .$$

Додамо міні припуски кожної технологічної операції, які обчислені вище:

$$d_{p3} = 19,979 + 0,001 = 19,980 \text{ мм} ;$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$d_{p2} = 19,980 + 0,127 = 20,107 \text{ мм} ;$$

$$d_{p3} = 20,307 + 2,749 = 23,053 \text{ мм} .$$

Додамо інтервал допуску до мінімального граничного розміру, який попередньо округлимо:

$$d_{\max 4} = 19,979 + 0,021 = 20,00 \text{ мм} .$$

$$d_{\max 3} = 19,980 + 0,033 = 20,013 \text{ мм} .$$

$$d_{\max 2} = 20,107 + 0,052 = 20,159 \text{ мм} .$$

$$d_{\max 1} = 20,307 + 0,130 = 20,437 \text{ мм} .$$

$$d_{\max 3A\Gamma} = 23,053 + 0,520 = 23,537 \approx 25 \text{ мм} .$$

Граничні значення припусків Z_{\max}^{np} обчислимо шляхом віднімання максимальних граничних розмірів, а Z_{\min}^{np} шляхом віднімання мінімальних граничних розмірів:

$$Z_{\max 4}^{np} = 20,013 - 19,979 = 0,005 \text{ мм} = 5 \text{ мкм} ;$$

$$Z_{\max 3}^{np} = 20,159 - 19,980 = 0,179 \text{ мм} = 179 \text{ мкм} ;$$

$$Z_{\max 2}^{np} = 20,437 - 20,107 = 0,330 \text{ мм} = 330 \text{ мкм} ;$$

$$Z_{\max 1}^{np} = 23,537 - 20,307 = 3,266 \text{ мм} = 3266 \text{ мкм} ;$$

$$Z_{\min 4}^{np} = 19,980 - 19,979 = 0,001 \text{ мм} = 1 \text{ мкм} ;$$

$$Z_{\min 3}^{np} = 20,107 - 19,980 = 0,127 \text{ мм} = 127 \text{ мкм} ;$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$Z_{\min 2}^{np} = 20,307 - 20,107 = 0,200 \text{ мм} = 200 \text{ мкм};$$

$$Z_{\min 1}^{np} = 23,053 - 20,307 = 3,266 \text{ мм} = 3266 \text{ мкм}.$$

Обчислені припуски та їх графічне зображення приведено у таблиці 2.9 та рис. 2.1 відповідно.

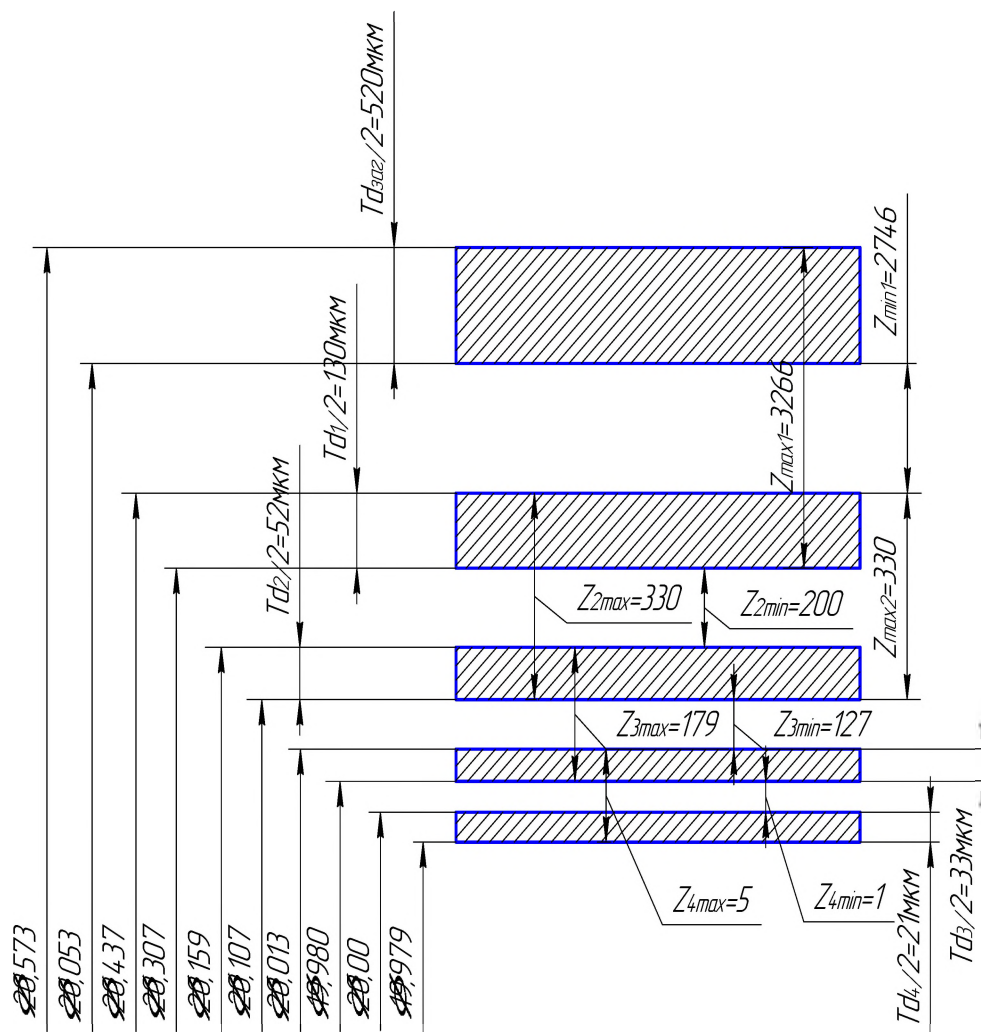


Рисунок 2.1 – Схематичне позначення припусків на обробку вала

Таблиця 2.9 – Обчислені припуски для поверхонь деталі вал-шестерня

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min}	Квалітет	Технологічний допуск, мкм
1	2	3	4	5	6
1, 2	Торець	Фрезерування	3,2	14	1150
3, 8	Циліндрична поверхня	Обточування попереднє	2,78	13	330
		Шліфування чистове	0,02	8	33
4, 9	Торець	Підрізання торця попереднє	2,79	13	390
		Шліфування чистове	0,01	7	25

					Аркуш
КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ					
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	

1	2	3	4	5	6
5	Поверхня вершин зубів	Обточування попередня Шліфування чистове	2,98 0,02	13 8	460 46
6, 11	Фаска	Точіння	1,2	14	250
7, 12	Фаска	Точіння	1	14	250
10	Циліндрична поверхня	Обточування попереднє Шліфування чистове	2,78 0,02	13 8	270 27
13	Паз	Фрезерування	3,5		

2.12 Розрахунок режимів різання

Розглянемо алгоритм та обчислимо режими різання на прикладі точіння поверхні вала-шестерні $\varnothing 20$ мм.

Швидкість різання при точінні зовнішньої поверхні та повздовжньому руху різального інструменту обчислюється по 2.7:

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{xy} \cdot S^{yz}} K_V \quad (2.7)$$

T – середнє значення стійкості, $T=60$ хв;

t – глибина різання, $t=1$ мм;

S – подача [6, табл. 4];

X_V, Y_V, m – показники степеня [6, табл. 8];

C_V – постійний коефіцієнт [6, табл. 8];

K_V – поправочний коефіцієнт.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{NV} \cdot K_{UV} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{\phi V} \cdot K_{rV} \cdot K_{gV} \cdot K_{OV} \quad (2.8)$$

K_{NV} – враховується якість матеріалу, що обробляється [6, табл. 9-13];

K_{UV} – стан поверхні заготовки [6, табл. 14];

K_{UV} – матеріал різальної частини [6, табл. 15];

$K_{\phi V}, K_{\phi V}, K_{rV}, K_{gV}$ - параметри різця [6, табл. 16];

K_{OV} – вид обробки [6, табл. 17].

$$K_V = 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,75$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,75 = \frac{350}{1,78} \cdot 0,75 = 147,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Сила різання:

$$P_Z = C_P \cdot t^{XP} \cdot S^{YP} \cdot V^{mP} \cdot K_P, \quad (2.9)$$

де C_P, X_P, Y_P, m_P – показники степенів [6, табл. 20].

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$K_P = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\rho P}$$

(2.10)

$$K_P = 0,75 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,67$$

На інші технологічні операції режими різання дістанемо із довідників і представимо у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Обчислені режими різання для технологічних операцій механічної обробки вала-шестерні

Номер			Глибин а різання, t, мм	Подача		Швидкі сть різання, V, м/хв	Частота обертан ня, n, хв. ⁻¹	Потужн ість, N, кВт	Основн ий час, t ₀ , хв
Опер ації	Пере ходу	Інстр умент у		S ₀ , мм/об	S _z , мм/зуб				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	1		3,2	-	0,15	40	200	3,9	
	2		1,57	0,18	-	20	2000	0,22	
020	1		2,78	0,3	-	39,3	500	1,2	0,426
	2		2,79	0,6	-	76	450	3,2	0,09
	3		3	0,5	-	83	375	3,3	0,08
	4		3	0,12	-	107	1750	1,4	0,05
	5		1,2	0,3	-	32,1	500	0,4	0,008
	6		1	0,3	-	103	500	1,1	0,0068
025	1		2,78	0,3	-	39,3	500	1,2	0,362
	2		2,79	0,6	-	76	450	3,2	0,09
	3		2,78	0,3	-	39,3	375	1,2	0,08
	4		3	0,12	-	107	1750	1,4	0,05
	5		1,2	0,3	-	32,1	500	0,4	0,08
	6		1	0,3	-	103	500	1,1	0,066
030	1		3,5	-	0,07	47	250	0,5	0,22
035	1		5	-	2,4	32	80	6,2	5,22
045	1		0,015	0,0025	-	35	19	4,1	4,83

Далі обчислимо силу різання P_Z , яка становить:

$$P_Z = 300 \cdot 1^1 \cdot 0,5^{0,75} \cdot 147,5^{-0,15} \cdot 0,67 = 560 \text{ Н}$$

Потужність різання:

$$N = \frac{P_Z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{560 \cdot 147,5}{1020 \cdot 60} = 1,35 \text{ кВт}$$

Визначимо основний час:

$$t_0 = \frac{L_{p.x}}{n \cdot S} = \frac{38}{1050 \cdot 0,5} = 0,1 \text{ хв} \quad (2.11)$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.13 Технічне нормування операцій

Нормування часу на виконання операції здійснюється за допомогою розрахункового методу в умовах серійного виробництва. Норма штучного часу для операції визначається за допомогою формули, яка враховує різні фактори, такі як складність операції, використаний інструмент, умови роботи і тип виробництва. Зазвичай вона включає в себе час, витрачений на основні, допоміжні та підготовчі операції, а також час на обслуговування обладнання. Цей розрахунок дозволяє встановити ефективні норми часу для виконання кожної операції в процесі виготовлення продукції, що, в свою чергу, сприяє плануванню виробничих потужностей і розподілу навантаження на робітників і обладнання.

$$t_{\text{шт}} = t_o + t_{\text{д}} + t_{\text{техн.обс}} + t_{\text{орг.обсл}} + t_{\text{пер}} \quad (2.12)$$

де t_o - основний час обробки, хв; $t_{\text{д}}$ - допоміжний час обробки, хв.

$$t_{\text{д}} = t_{\text{д1}} + t_{\text{д2}} + t_{\text{д3}} + t_{\text{д4}} + t_{\text{д5}} \quad (2.13)$$

де $t_{\text{д1}}$ - час на встановлення та зняття деталі, хв;

$t_{\text{д2}}$ - час на підведення та відведення інструменту, хв;

$t_{\text{д3}}$ - час на управління верстатом, хв;

$t_{\text{д4}}$ - час на проведення контрольних промірів, хв;

$t_{\text{д5}}$ - час на індексації ділильних пристроїв, хв.

$t_{\text{пер}}$ - час перерв у роботі, хв;

$t_{\text{техн.обс}}$ $t_{\text{орг.обсл}}$ - відповідно час технічного та організаційного обслуговування, хв:

$$t_{\text{техн.обсл}} = \alpha \cdot t_{\text{он}} \quad (2.14)$$

$$t_{\text{орг.обсл}} = \beta \cdot t_{\text{он}} \quad (2.15)$$

$$t_{\text{пер}} = \gamma \cdot t_{\text{он}} \quad (2.16)$$

де α, β, γ - нормативні відсотки від оперативного часу; $t_{\text{он}}$ - оперативний час обробки, хв.

$$t_{\text{он}} = t_o + t_{\text{д}} \quad (2.17)$$

Норма штучно-калькуляційного часу:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T}{n} \quad (2.18)$$

					КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

де T_{n-3} - підготовчо-заклучний час, хв; $T_{n-2}=150$ хв на партію деталей.

По [13] $\alpha=5\%$, $\beta=6\%$, $\gamma=25\%$.

Значення норма часу отримані після калькуляції зведені до таблиці 2.11.

Таблиця 2.11 – Норма часу на обробку деталі вал-шестерня, хв

Номер операції	t_o	t_d	$t_{обсл}$		$t_{пер}$	$t_{итп}$	T_{n-3}	n	$\frac{T_{n-3}}{n}$	$T_{итп.к}$
			$t_{техн.обсл}$	$t_{орг.обсл}$						
015	1,38	0,76	0,107	0,128	0,0535	2,43				2,4375
020	0,78	2,5	0,16	0,197	0,082	3,72				3,7275
025	0,596	2,5	0,155	0,186	0,0775	3,52	150	20000	0,0075	3,5275
030	0,22	0,96	0,059	0,0708	0,295	1,6				1,6075
035	5,22	1,1	0,316	0,379	0,158	7,17				7,1775
045	4,83	1,1	0,297	0,357	0,148	6,7				6,7075

2.14 Розробка операції обробки із використанням САМ-системи

Розробка операцій обробки для верстатів з ЧПК зручно виконується у САМ-системі FeatureCAM. Для токарної операції 020 було розроблено код управляючої програми, який приведено у додатку А, а хід і результат операції зображено на рис. 2.2, 2.3.

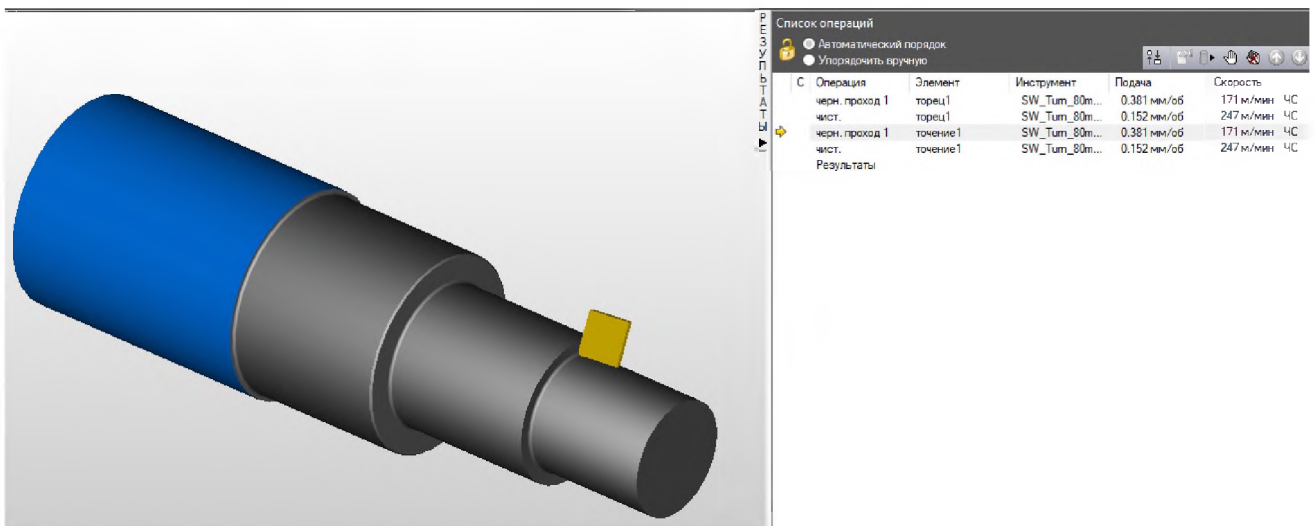


Рисунок 2.2 – Фрагмент экрана САМ-системи FeatureCAM у процесі симуляції токарної операції 020

					КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

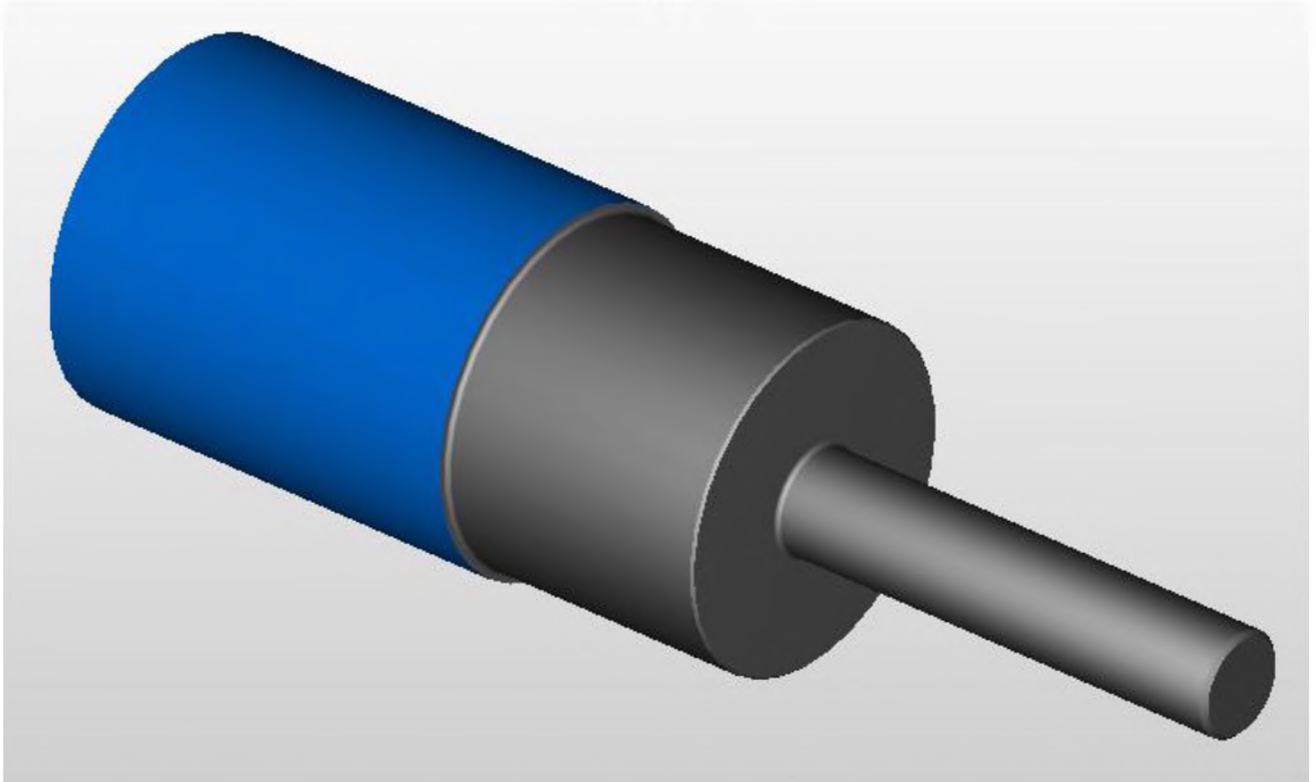


Рисунок 2.3 – Результат обробки токарною операцією 020 у симуляторі САМ-системи FeatureCAM

					КНУ.КМР.131.24.2-02.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Опис будови та принцип дії повідкового патрона

Для затискання вала-шестерні на операціях 020, 025, 045 доречно викристати повідковий патрон (ПП) двокулачковий з плаваючим центром.

ПП складається зі зварного корпусу 1, де змонтований плаваючий центр 13 та пружина 17; балансирів затискних кулачків 2 та пальця 5. У передню стінку ПП запресовані кулачки встановлені на осях. Центр 13 має конічну шийку та кріпиться з корпусом патрону, який має конічне гніздо, що нівелює його биття.

Патрон повідковий зпроектовано та представлено у альбомі креслень на кресленні КНУ.КМР.131.24.2-02.ПП.

3.2 Обчислення сили затиску вала-шестерні при механічній обробці

Оскільки вал встановлений у центрах, то діє відцентрова сила при обертанні, яка прижимає кулачки до заготовки. Ця сила залежить від того як швидко обертається шпиндель верстата і обчислюється за формулою 3.1:

$$P_y = G \cdot R \cdot \frac{n^2}{g}, \quad (3.1)$$

де G – вага вала, що оброблюється, $G = 0,93$ кг; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$, n – швидкість обертання шпинделя, 1750 об/хв; R – відстань від центру мас вала-шестерні до осі шпинделя, 0,01 м.

Підставлені значення змінних у формулу 3.1 дають результат обчислення:

$$P_y = 0,93 \cdot 0,01 \cdot \frac{1750^2}{9,81} = 2903 \text{ Н.}$$

Для затискання вала необхідна мінімальна сила затиску, щоб він витримав навантаження сили різання, обчислюється так:

$$Q = k \cdot \sqrt{\left(\frac{P_z \cdot D_1}{2 \cdot f \cdot D_2}\right)^2 + \left(\frac{P_x}{2 \cdot f}\right)^2}; \quad (3.2)$$

де k – коефіцієнт запасу, 20%; P_z – сила різання при точінні в операції 020 знайдений вище по формулі (2.9), $P_z = 560$ Н; D_1 – діаметр поверхні вала-

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.03.КЧ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Конструкторська частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

шестерні, яка оброблюється, $D_1 = 0,020$ м; D_2 – діаметр бази, $D_2 = 0,020$ м; f – коефіцієнт тертя, $f = 0,15$.

$$P_x = 0,1 \dots 0,7 \cdot P_z ; \quad (3.3)$$

$$P_x = 0,1 \cdot 560 = 56,0 \text{ Н}$$

Обчисливши по формулі 3.2 із урахуванням вказаних значень змінних, отримали:

$$Q = 0,2 \cdot \sqrt{\left(\frac{560 \cdot 0,020}{2 \cdot 0,15 \cdot 0,020}\right)^2 + \left(\frac{56,0}{2 \cdot 0,15}\right)^2} = 375 \text{ Н}$$

Порівняємо сила затиску заготовки та відцентрову силу, яка прижимає кулачки до необробленого вала-шестерні:

$$P_{\text{ц}} > Q;$$

$$2903 > 375 \text{ Н}$$

Умова виконується, тоді сила затискання достатня для кріплення у ПП.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.03.КЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

4 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА. АНАЛІЗ ПРОЕКТУ ШЛЯХОМ ВИПРОБУВАННЯ ВАЛА-ШЕСТЕРНІ З ВИКОРИСТАННЯМ САД/САЕ-ТЕХНОЛОГІЙ

4.1 Проектування обчислювального експерименту

Для реалізації випробування вала-шестерні з допомогою дослідження «Статичний аналіз» у SolidWorks (SW) Simulation імітуючи заклинювання вала було використано 3D-модель (рис. 4.1). Матеріал деталі для розрахунку обрано в одному випадку сталь 45 та в другому випадку 40Х для порівняння.

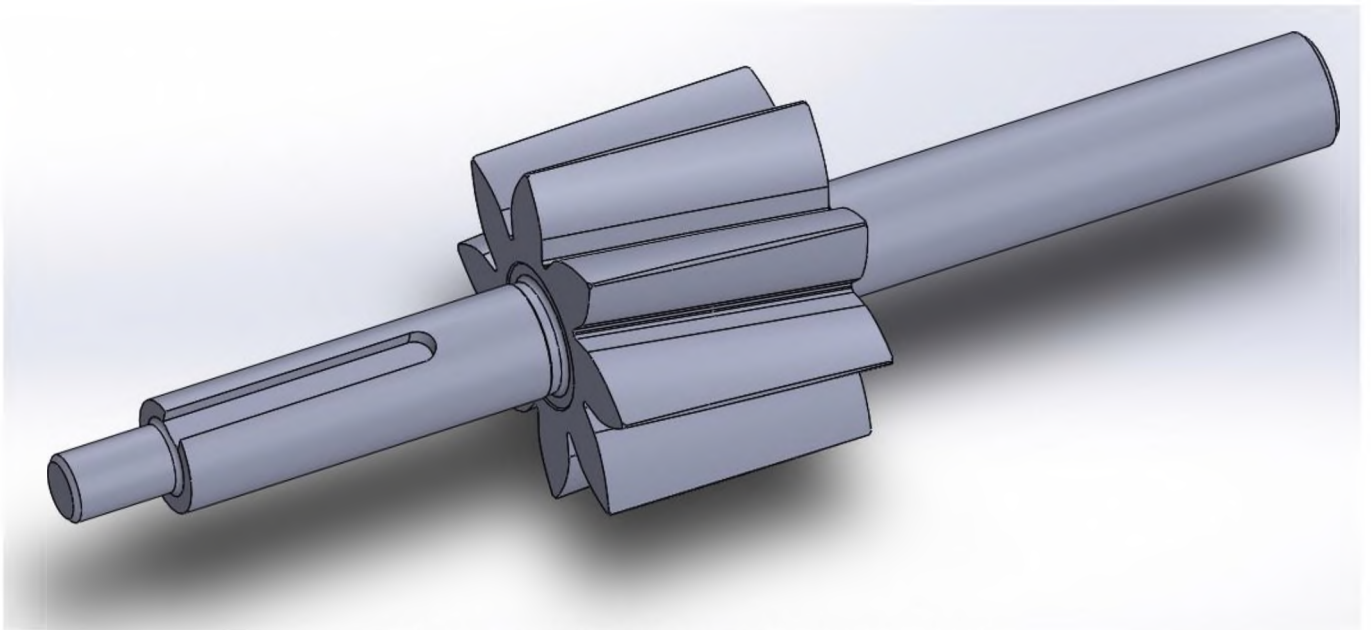


Рисунок 4.1 – Модель вала-шестерні

Із технічної документації наноса відомо, що максимальний тиск мастила між зубами шестерен становить 21 МПа. Для визначення міцності зубців вала-шестерні при заклинювання вирішено налаштувати саме такий тиск на одну сторону евольвенти зуба і зафіксувати нерухомо сусідню сторону евольвенти сусіднього зуба. Задані граничні обмеження показані на рис. 4.2.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.04.ДЧ</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Дослідна частина</i>	<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

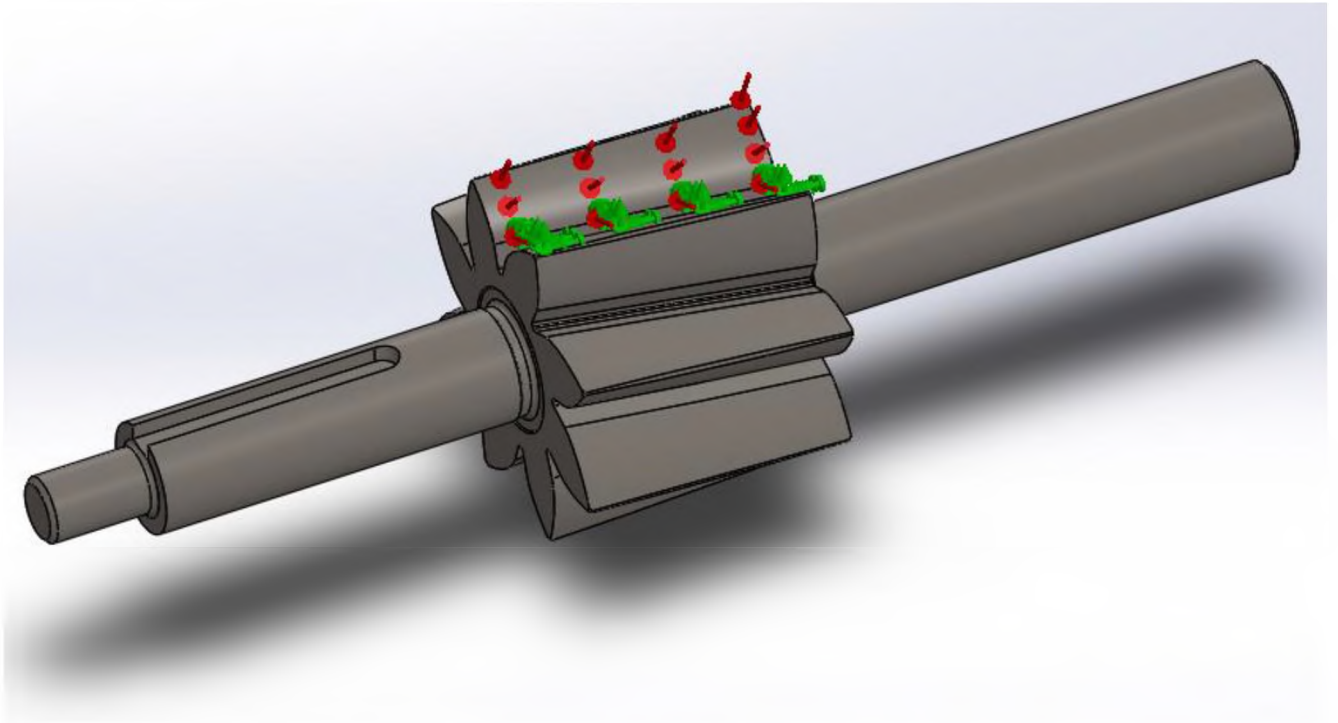


Рисунок 4.2 – Модель із визначеними кріпленням (зеленим – зафіксована геометрія) та із прикладеним навантаженням (червоним – тиск)

4.2 Побудова сітки МКЕ для вала-шестерні

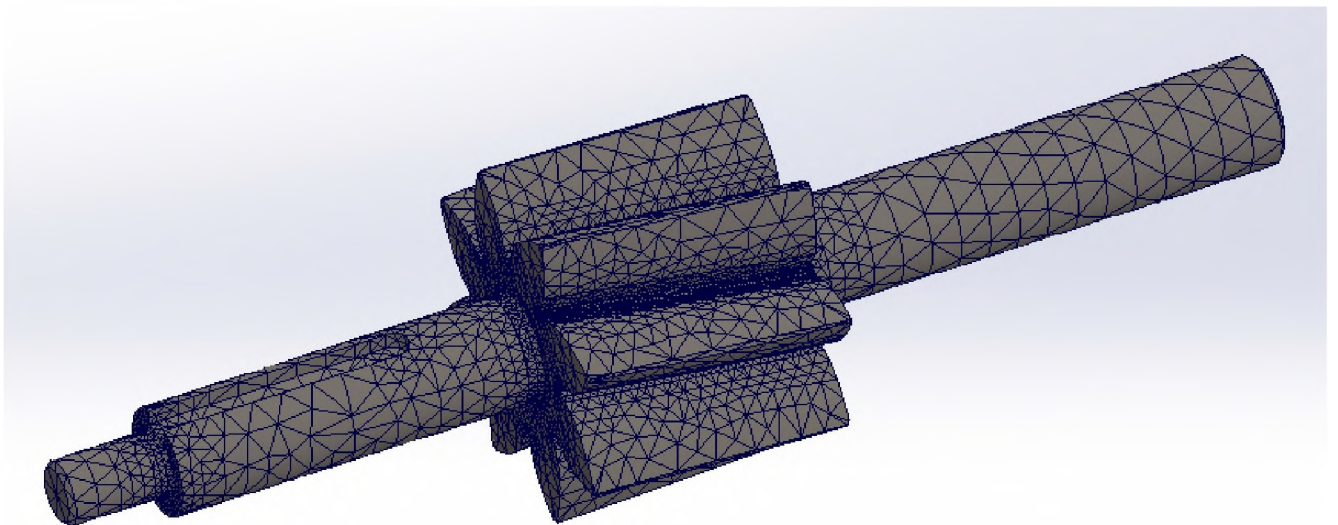


Рисунок 4.3 – Сітка кінцевих елементів

Для дослідження в SW Simulation необхідно будувати сітку так званих кінцевих елементів, внаслідок того, що алгоритм обчислення базується на математичному формалізмі «метод кінцевих елементів». Згідно цієї математичної теорії модель ділять просторовою сіткою на пірамідальні фрагменти. Параметри налаштованої сітки: «на основі кривизни» (рис. 4.3), щоб врахувати дрібні геометричні елементи деталі (канавки, фаски, скруглення), максимальний розмір елемента 5,65 мм, мінімальний розмір елемента 1,13 мм,

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.04.ДЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

точки Якобіана 4. Дослідження, прийняте до аналізу після досягнення збіжності сітки шляхом порівняння обчислень із невеликими кроком зміни сітки, представлено у наступних пунктах розділу.

4.3 Результати дослідження «Статичний» аналізу у SW Simulation

На епюрі Напруги (von Mises) (рис. 4.3-4.4) показані внутрішні напруги матеріалу вала-шестерні. Видно, що найбільші напруги виникають в області западин зуба, який було зафіксовано.

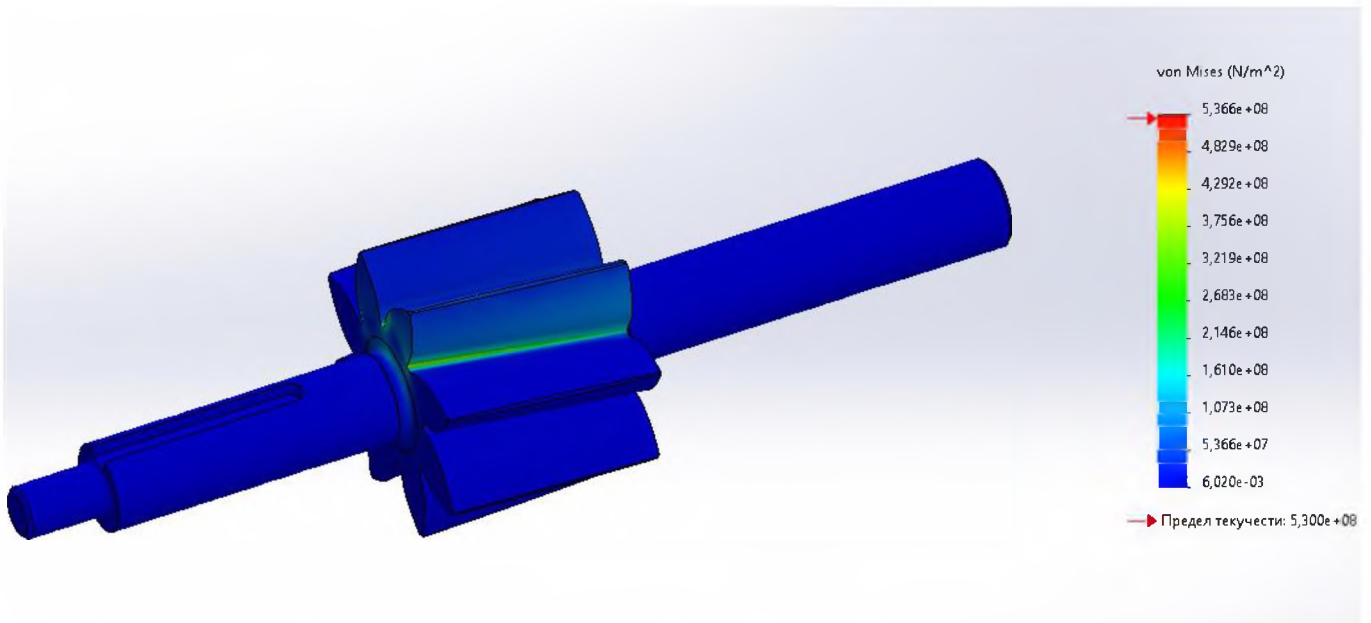


Рисунок 4.3 – Модель із розрахованими напругами у матеріалі сталь 45

На легенді епюри напруг деталі зі сталі 45 (рис. 4.3) відмічено червоною стрілкою значення напруги, яке відповідає межі текучості матеріалу. Це означає, що в області, які позначені червоним кольором матеріал зазнає пластичних деформацій та імовірно утворюються невірні зміни (тріщини, злам). У зв'язку із цим значення мінімального запасу міцності у цій моделі також отримано мале і становить близько 1.

У випадку розрахунку деталі зі сталі 40Х (рис. 4.4) бачимо, що межі текучості матеріалу не досягнуто, хоча значення максимальної напруги близьке до межі текучості. Мінімальний запас міцності в цьому разі отримано 1,2. Враховуючи вищесказане можна дійти до висновку, що вал-шестерня із легованої сталі витримає аварійний режим, а вуглецена нелегована сталь 45 – ні. Значить для даної деталі не можна вважати, що сталь 45 виступає заміником сталі 40Х.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.04.ДЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

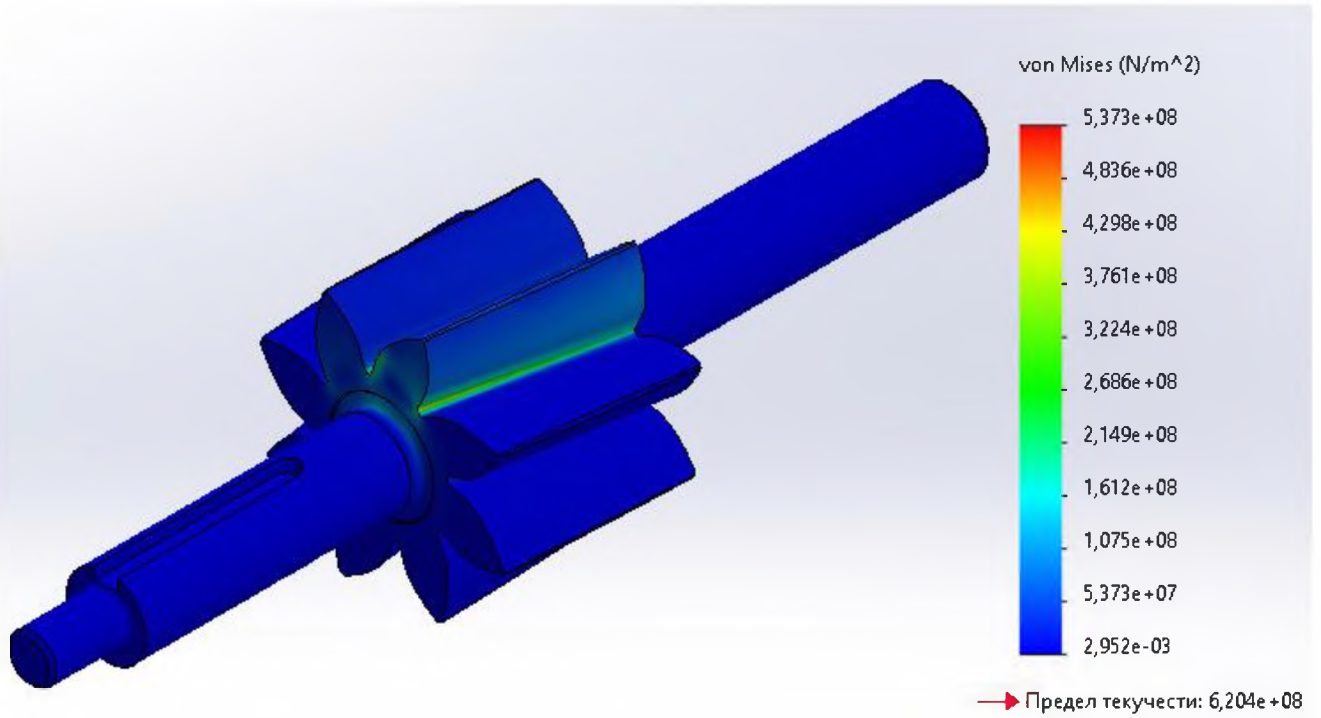


Рисунок 4.4 – Модель із розрахованими напругами у матеріалі сталь 40Х

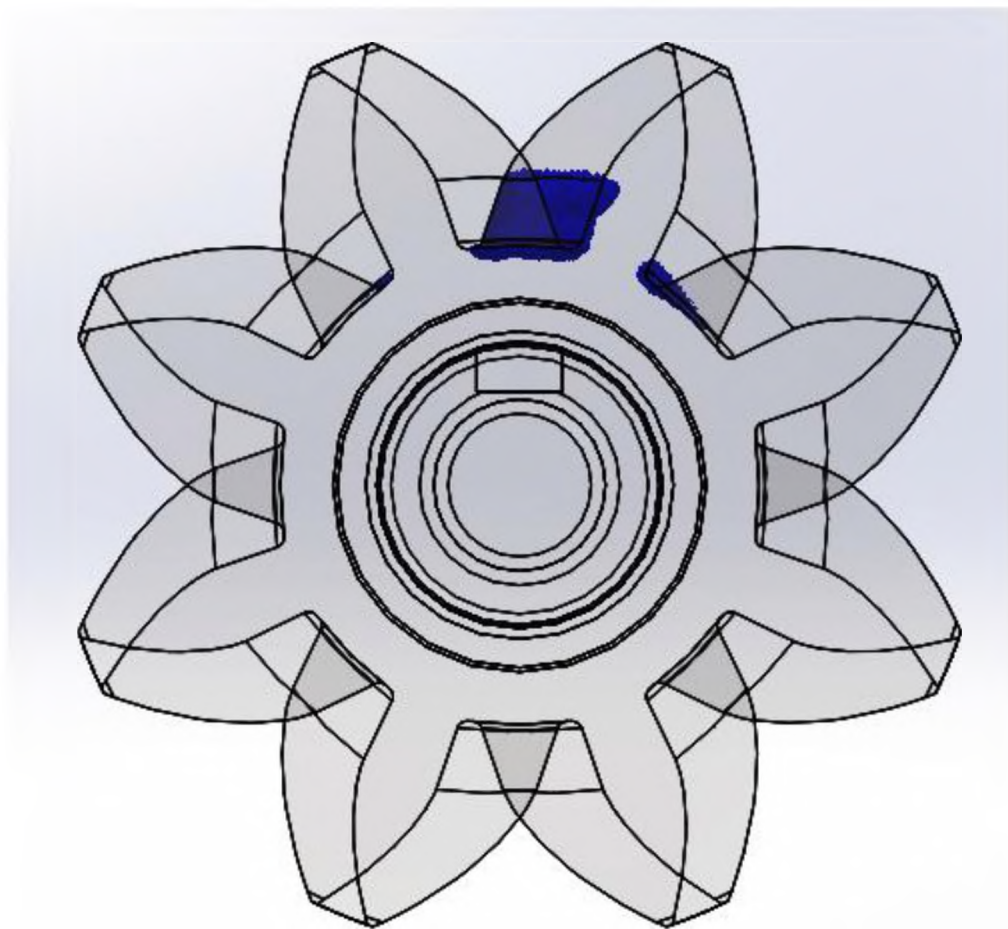


Рисунок 4.5 – Епюра найвищих механічних напруг (Design Insight) всередині тіла вала-шестерні

					КНУ.КМР.131.24.2-02.04.ДЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Розглянути області виникнення високих напруг вглиб матеріалу можна на епюрі Design Insight на рис. 4.5.

Переміщення матеріалу моделі у разі заклинювання зображено на рис. 4.6. Очікувано, що зафіксований зуб залишився у вихідному положенні, а усі інші зуби змістилися. Максимальне зміщення становить для сталі 45 – 0,1 мм, для сталі 40Х – 1,5 мкм.

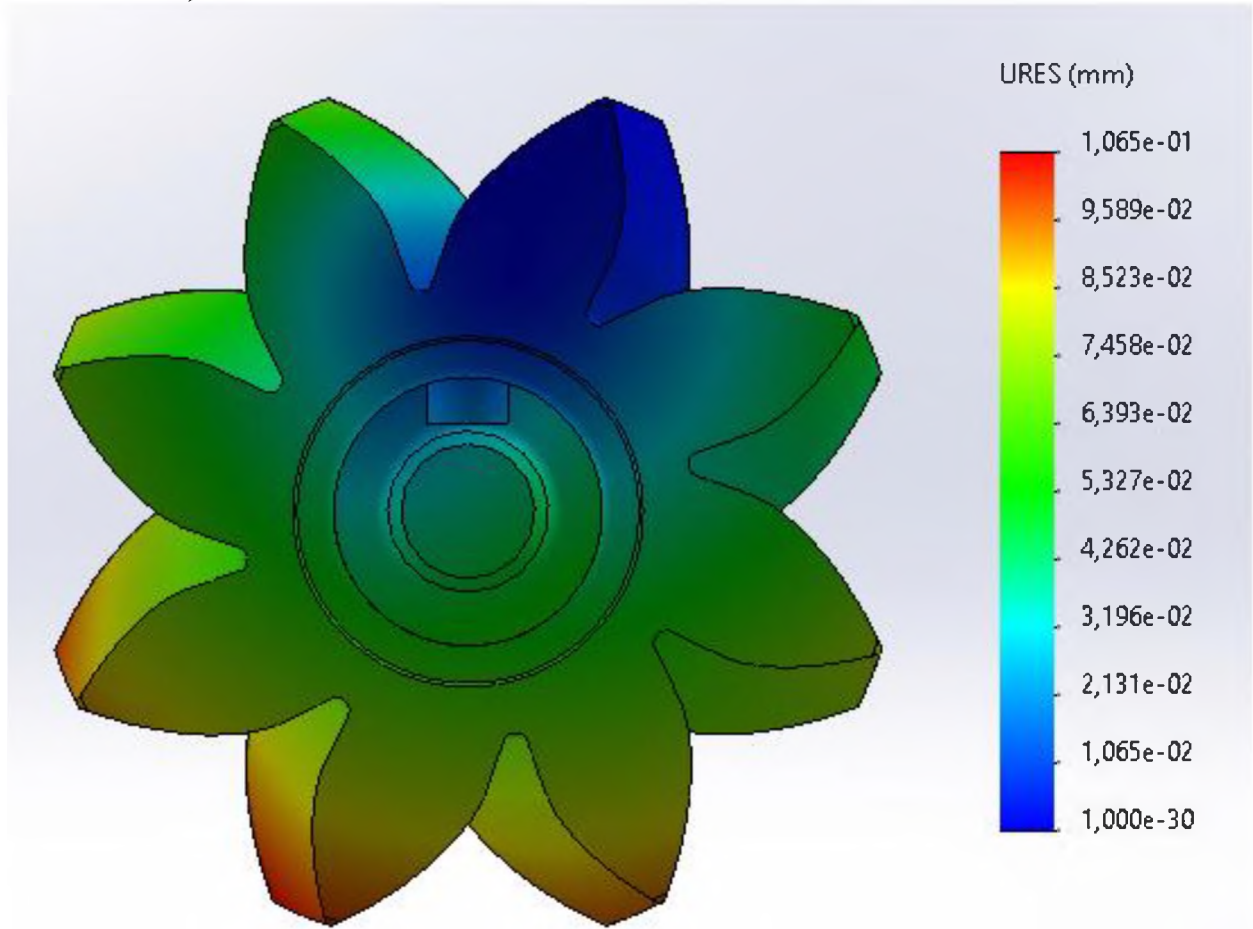


Рисунок 4.6 – Епюра переміщення матеріалу під дією навантажень

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.04.ДЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

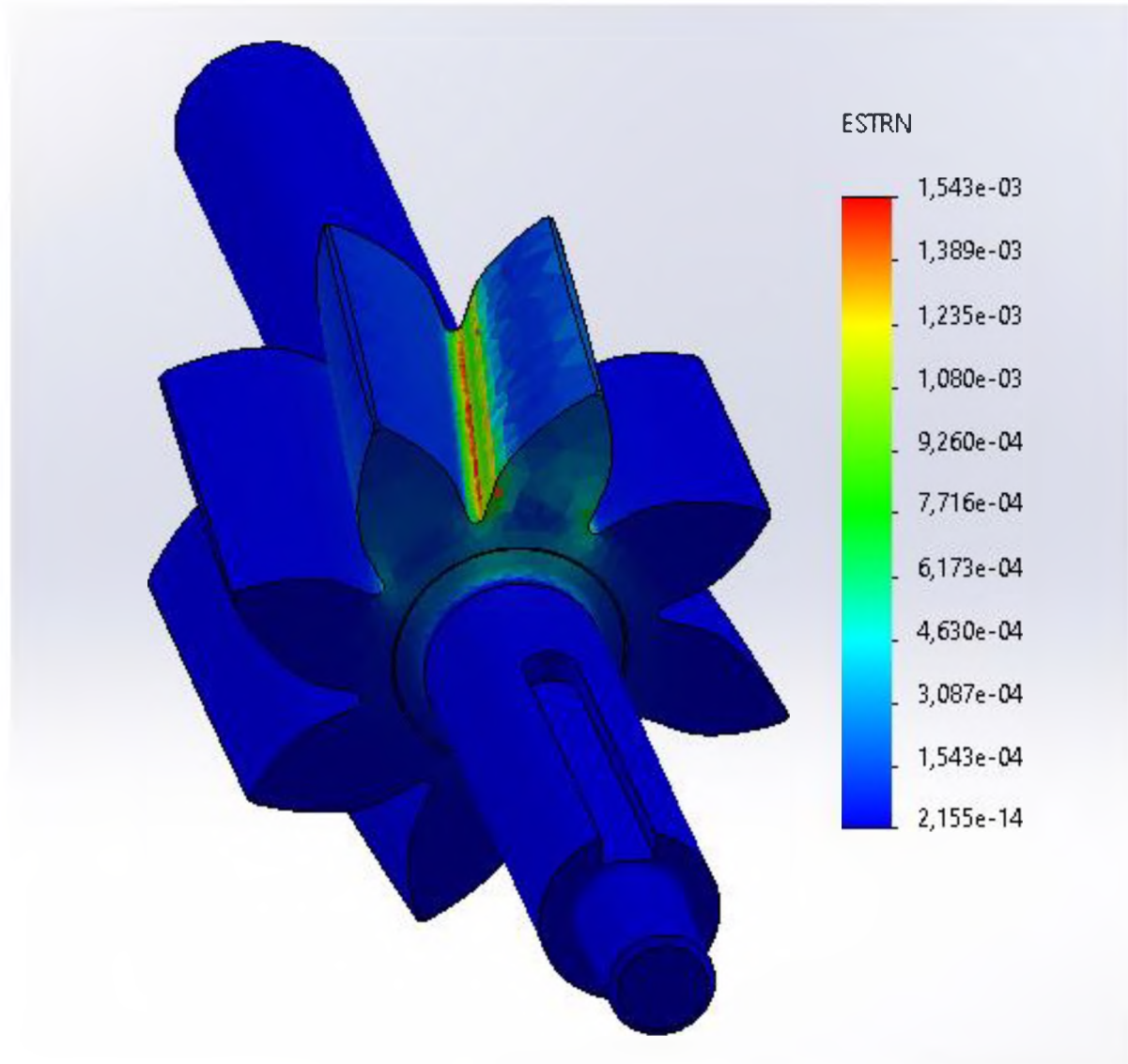


Рисунок 4.7 – Епюра деформацій

Області найвищих деформацій матеріалу найкраще видно на рис. 4.7.

					КНУ.КМР.131.24.2-02.04.ДЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

5 МЕНЕДЖМЕНТ ОРГАНІЗАЦІЙНОЇ ТА ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

5.1 Обчислення програми запуску та типу виробництва

Програму запуску виробів визначаємо по формулі:

$$N_{\text{зан}} = (N_{\text{вип}} + N_{\text{зан.ч}}) \cdot (1 + K_{\text{оп}}), \quad (5.1)$$

де $N_{\text{вип}}$ – програма випуску виробів, шт; $N_{\text{вип}} = 20000$ шт;

$N_{\text{зан.ч}}$ – кількість виробів, що ідуть на запасні частини, шт;

$$N_{\text{зан.ч}} = 3 \dots 5\% \cdot N_{\text{вип}} \quad (5.2)$$

$$N_{\text{зан.ч}} = 0,05 \cdot N_{\text{вип}} = 0,05 \cdot 20000 = 1000 \text{ шт}$$

$K_{\text{оп}}$ – коефіцієнт, що враховує немінучі технологічні витрати; $0,02 \dots 0,03$.

$$N_{\text{зан}} = (20000 + 1000) \cdot (1 + 0,03) = 21630 \text{ шт}$$

Приймаємо 21700 шт.

5.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання

Кількість верстатів визначається на основі технологічних параметрів, зокрема шляхом аналізу кількості верстато-годин, необхідних для обробки однієї тонни валів. Цей підхід дозволяє врахувати продуктивність обладнання, складність технологічного процесу та обсяги виробництва. Виходячи з отриманих даних, розраховується оптимальна кількість верстатів для забезпечення безперебійного виробництва і дотримання запланованих термінів виготовлення деталей.

Кількість верстатів, яка необхідна виходячи із обчислень:

$$C = \frac{h \cdot Q_p}{F_o}, \quad (5.3)$$

де h – кількість верстато-годин, затрачених на обробку 1 т виробів; 205;

Кількість готових виробів на рік:

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Лит.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			Менеджмент проектної та організаційної діяльності Каф. ТМ гр. ЗПМ-23М		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>					

$$Q_p = Q \cdot N \quad (5.4)$$

$$Q_p = 0,021 \cdot 21630 = 455, m$$

Q - маса на одну одиницю продукції, т;

N - програма випуску виробів на рік для виробництва;

F_o - фонд часу завантаженості верстата на один календарний рік (якщо верстат навантажений у дві зміни на добу $F_o = 3802$ год).

$$C = \frac{205 \cdot 455}{3802} = 24,5, \text{ шт}$$

Прийнята кількість:

$$S_{np} = \frac{C}{\eta_s}, \quad (5.5)$$

де η_s - коефіцієнт завантаження обладнання для серійного виробництва, 0,8...0,85

$$S_{np} = \frac{24,5}{0,85} = 28,8, \text{ шт.}$$

Приймаємо $S_{np} = 29$ шт.

Парк верстатів виробництва зведено до таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Парк верстатів механічнообробного виробництва

№	Верстати	Відсоток від загальної кількості	Коефіцієнт загрузки	Коефіцієнт багатостатності	Кількість верстатів		Кількість робітників
					Розрахована	Прийнята	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Токарно-гвинторізні	34,4	0,928	1	0,28	10	22
2	Токарно-револьверні	7,2	0,97	1	1,94	2	5
3	Токарні автомати	4,3	0,58	3	1,16	2	2
4	Токарні напівавтомати	1,0	0,27	2	0,27	1	1
5	Карусельні	6,2	0,835	2	1,67	2	3
6	Горизонтально-розточні	3,8	0,51	1	1,03	2	5
7	Горизонтально-розточні (спец.)	2,9	0,78	1	0,78	1	2
8	Повздовжньо-стругальні	1,2	0,32	1	0,32	1	2
9	Поперечно-стругальні	0,7	0,19	1	0,19	1	2
10	Горизонтально- та універсально фрезерні	2,0	0,54	1	0,54	1	2
11	Вертикально-фрезерні	4,0	0,108	1	0,108	1	2

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1	2	3	4	5	6	7	8
12	Повздовжньо-фрезерні	8,8	0,78	1	2,37	3	7
13	Фрезерні копіювальні	0,5	0,135	1	0,135	1	2
14	Довбальні	1,9	0,513	1	0,513	1	2
15	Протяжні	0,5	0,135	1	0,135	1	2
16	Радіально-свердлильні	6,4	0,865	1	1,73	2	5
17	Вертикально-свердлильні	2,2	0,59	1	0,59	1	2
18	Круглошліфувальний	3,0	0,81	2	0,81	1	1
19	Плоскошліфувальний	2,0	0,54	1	0,54	1	2
20	Внутрішньо-шліфувальний	0,6	0,162	1	0,162	1	2
21	Безцентрово-шліфувальний	0,6	0,162	1	0,162	1	2
22	Зубооброблювальні	2,4	0,65	1	0,65	1	2
23	Відрізні і центрові	3,4	0,92	1	0,92	1	2
		100%				39	82

Таблиця 5.2 — Верстати для виготовлення вал-шестерні

№ операції	Найменування та модель верстата	Коефіцієнт багатостатності	Прийнята кількість верстатів	Кількість робітників верстатників
015	Фрезерно-центрувальний моделі МР – 71М	1	1	2
020,025	Токарно-гвинторізний зі ЧПК 16К20Ф3	1	1	2
030	Шпонково –фрезерний моделі 692Р	1	1	2
035	Зубофрезерний 53А20В	1	1	2
045	Кругошліфувальний 3В151А	2	1	1

5.3 Визначення чисельності персоналу цеху

Кількість робітників – верстатників визначається на основі сумарно штучно-калькуляц. часу так:

$$R_{cm} = \frac{F_o \cdot S_{np}}{F_{op} \cdot S_p}, \quad (5.6)$$

де F_{op} = 1860 год - дійсний річний фонд часу роботи робітника ;

S_p – коефіцієнт багатостатності, який враховує можливість за характером операції, що виконуються одночасно обслуговувати одним робітником декілька верстатів ;

S_{np} - прийнята кількість верстатів.

Приймаємо $R_{cm} = 30$ осіб.

Кількість працівників-слюсарів обчислюємо так:

					КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$R_{сл} = \frac{\sum T_{сл}}{F_p}, \quad (5.7)$$

де $\sum T_{сл}$ – сумарна трудомісткість слюсарних робіт, яка визначається за формулою:

$$\sum T_{сл} = \frac{\alpha \cdot h \cdot Q^2}{100}, \quad (5.8)$$

де α – трудомісткість слюсарних робіт від верстатних, % значення $\alpha = 20\%$;
 h – кількість верстато-годин, затрачених на обробку 1 т виробів;
 Q^2 – річний випуск готових виробів, т.

$$Q^2 = Q \cdot N, \quad (5.9)$$

де Q – вага одного виробу, т $Q = 0,021$ т.

$$Q^2 = 0,021 \cdot 21630 = 455 \text{ т.}$$

$$\sum T_{сл} = \frac{20 \cdot 205 \cdot 455}{100} = 18655 \text{ ,верст-год.}$$

$$R_{\text{вс}} = \frac{18655}{1801} = 10,35 \text{ , \textit{чол}}$$

Приймаємо $R_{сл} = 10$ осіб.

Загальна кількість слюсарів, які збирають складання, обчислюється так :

$$R_{сл.ск.} = \frac{\beta \cdot R_{сл.}}{100}, \quad (5.10)$$

де β – відсоток слюсарів-складальників від загальної кількості слюсарів, $\beta = 75\%$.

$$R_{сл.ск.} = \frac{75 \cdot 10}{100} = 7,5 \text{ , \textit{чол}}$$

Приймаємо $R_{сл.ск.} = 8$ осіб.

Кількість усіх слюсарів виробництва обчислюємо так:

$$R_{сл.м.ц} = R_{сл} - R_{сл.ск.} \quad (5.11)$$

$$R_{сл.м.ц} = 10 - 8 = 2 \text{ , \textit{чол}}$$

Чисельність виробничих робітників визначаємо за формулою :

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

55

$$R_{np} = R_{cm} + R_{cl} , \quad (5.12)$$

$$R_{np} = 30 + 10 = 40, \text{ осіб}$$

Кількість, яка необхідна, допоміжних працівників обчислимо грубо як відсоток від кількості працівників-виробничників:

$$R_{доп} = \frac{\gamma \cdot R_{np}}{100} , \quad (5.13)$$

де $\gamma = 25\%$.

$$R_{доп} = \frac{25 \cdot 40}{100} = 10, \text{ осіб}$$

Приймаємо $R_{доп} = 10$ осіб.

Склад персоналу цеху формується таким чином, що службовці становлять 15-18% від загальної кількості виробничих працівників. З них інженерно-технічний персонал складає 11-13%, а решта припадає на розрахунково-конструкторський відділ. Молодший обслуговуючий персонал становить близько 2-3% від загальної кількості виробничих працівників. Кількість працівників, відповідальних за контроль якості, включаючи вибраковників і контролерів, визначається на основі кількості верстатів і становить 5-7% від їх загальної кількості.

$$R_{imp} = 0,12 \cdot 40 = 5, \text{ осіб};$$

$$R_{pkn} = 0,05 \cdot 40 = 2, \text{ осіб};$$

$$R_{мон} = 0,03 \cdot 40 = 1, \text{ осіб};$$

$$R_{отк} = 0,06 \cdot 40 = 2, \text{ осіб}.$$

Сумарна кількість усього персоналу в механообробному цеху буде обчислюватися так:

$$R = R_{np} + R_{доп} + R_{imp} + R_{pkn} + R_{мон} + R_{отк} , \quad (5.14)$$

$$R_{заг} = 40 + 10 + 5 + 2 + 1 + 2 = 60, \text{ осіб}.$$

5.4 Визначення площі механічного та допоміжних відділень

Площа механічного відділення цеху розраховується, виходячи з питомої площі, необхідної для одного верстата, та загальної кількості обладнання, яке планується розмістити на виробничій площі. Такий підхід дозволяє врахувати раціональне використання простору, забезпечити оптимальні умови для роботи

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обладнання та персоналу, а також відповідати вимогам організації технологічного процесу.

$$F_{м.о} = F_{yд} \cdot n_{np} , \quad (5.15)$$

де $F_{yд}$ - питома площа на 1 верстат m^2 , загальна $36 m^2$, виробнича $24 m^2$.

$$F_{м.о} = F_{yд} \cdot n_{np} ,$$

$$F_{м.о.заг} = 36 \cdot 48 = 1728 , m^2$$

$$F_{м.о.вир} = 24 \cdot 48 = 1152 , m^2 .$$

5.4.1 Заточувальне відділення

Кількість заточних верстатів загального призначення згідно стандартів визначається як 4-6% від загальної кількості верстатів, які обслуговуються заточними відділеннями. Розрахована кількість заточних верстатів далі розподіляється за типами відповідно до специфіки оброблюваних інструментів, що забезпечує ефективність і якість заточування в межах виробничого процесу [17, с. 181].

Приймаємо наступні верстати для оснащення відділення: універсально-заточний; заточний для твердосплавних різців; заточний для свердл.

Кількість робітників ІТР, РКП, МОП заточного відділення розраховуємо за даними [17, с. 181]: робочі для заточування $R_{зат} = 6$ осіб; молодший обслуговуючий персонал $R_{мол} = 2$ осіб; $R_{imp} = 10$ осіб; $R_{ркп} = 7$ осіб.

Загальна чисельність працівників даного відділення :

$$\sum R_{заг} = R_{зат} + R_{мол} + R_{imp} + R_{ркп} , \quad (5.16)$$

$$\sum R_{заг} = 6 + 2 + 10 + 7 = 23, \text{ осіб.}$$

Заточне відділення розташовується поруч із інструментальним складом, відокремлено від основного виробничого потоку, у спеціально відведених зонах цеху, де також можуть розташовуватися інші відділення. Площа цього відділення визначається відповідно до планування розташування заточних верстатів.

Для кожного верстата передбачено питому виробничу площу, що становить $10 m^2$, і питому загальну площу, яка дорівнює $12 m^2$. Такий підхід забезпечує раціональне використання простору й ефективність функціонування відділення.

Площа заточного відділення:

$$F_{з.в} = 12 \cdot 3 = 36 , m^2$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5.4.2 Контрольне відділення

Контрольне відділення оснащується столами з встановленими контрольно-вимірвальними приладами, закріпленими шафами для зберігання дрібного вимірвального інструменту та місцем для збору вибракуваних деталей. Площа, необхідна для одного контролера, становить 6 м², але з урахуванням розміщення обладнання, інвентарю і проходів ця площа збільшується у 1,75 разів.

Контрольне відділення розташовують у механічному цеху наприкінці виробничої лінії обробки. Окрім того, у цеху виділяють додаткове приміщення для встановлення спеціалізованого вимірвального обладнання, яке займає площу, що дорівнює 10% від загальної площі контрольного відділення (F_{кв}). Це забезпечує зручність перевірки деталей і організацію ефективного контролю якості продукції.

$$F_{кв} = 7 \cdot 6 \cdot 1,75 = 73,5 \text{ , м}^2$$

$$F_{об} = 0,1 \cdot 73,5 = 7,35 \text{ , м}^2$$

5.4.3 Ремонтне відділення

Кількість обладнання ремонтного відділення визначається після попереднього розрахунку загальної кількості машин і устаткування, які обслуговуватиме ремонтне відділення. Це включає аналіз експлуатаційних потреб і обсягів технічного обслуговування, що забезпечує підтримку безперебійної роботи виробничого процесу.

$$S_{мц} = S_{нр} + S_{зат} \text{ ,} \quad (5.17)$$

де $S_{зат} = 3$ - верстати заточного відділення;
 $S_{нр} = 48$ - верстати механічного відділення;

$$S_{мц} = 48 + 3 = 51 \text{ , верстатів}$$

Сумарне значення одиниць обладнання ремонтного відділу:

$$\sum P_{сум.од} = P_{ум.од} \cdot S_{мц} \text{ ,} \quad (5.18)$$

де $P_{ум.од} = 11$ – середня категорія складності [17, с. 324].

$$\sum P_{сум.од} = 11 \cdot 51 = 561 \text{ , м}^2$$

Приймаємо згідно розрахунків для відділення 12 верстатів.

Кількість працівників-верстатників ремонтного відділення :

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$R_{ст}^{рем} = \frac{58 \cdot F_6 \cdot S_{пр}^{рем} \cdot \eta_3}{F_p \cdot S_p}, \quad (5.19)$$

де $F_6 = 3802$ [пункт 1.4.];

$\eta_3 = 0,85$ - коефіцієнт завантаження обладнання;

$S_{пр}^{рем} = 12$ - верстати ремонтного відділення.

$$R_{\dot{\alpha}}^{\dot{\alpha}} = \frac{3802 \cdot 12 \cdot 0,85}{1860 \cdot 1} = 20,8, \div \dot{\alpha} \ddot{\alpha}$$

Приймаємо $R_{ст}^{рем} = 21$ осіб.

Кількість слюсарів–ремонтників визначаємо як відсоток від кількості верстатників і змішаної форми організації ремонтних робіт.

Вона становить 90% [17, с330] від $R_{ст}^{рем}$.

$$R_{\dot{\alpha}}^{\dot{\alpha}} = 21 \cdot 0,9 = 18,9, \div \dot{\alpha} \ddot{\alpha}$$

Приймаємо $R_{ст}^{рем} = 19$ осіб.

Кількість допоміжних робітників -20% від числа робітників, ІТР -10%, МРП- 1% РКП- 2% від загальної кількості працюючих робітників:

$$R_{\dot{\alpha} \dot{\alpha}} = 40 \cdot 0,2 = 8, \div \dot{\alpha} \ddot{\alpha};$$

$$R_{\dot{\alpha} \dot{\alpha}} = 40 \cdot 0,1 = 4, \div \dot{\alpha} \ddot{\alpha};$$

$$R_{\dot{\alpha} \dot{\alpha}} = 40 \cdot 0,01 = 1, \div \dot{\alpha} \ddot{\alpha};$$

$$R_{\dot{\alpha} \dot{\alpha}} = 40 \cdot 0,02 = 1, \div \dot{\alpha} \ddot{\alpha}.$$

Площа ремонтного відділення цеху:

$$F_{рем} = 12 \cdot 17 = 208, м^2.$$

5.4.4 Відділення для ремонту оснастки та інструменту

Організація майстерні в цеху передбачає забезпечення не менше одного пристосування на кожний виробничий верстат. Загальна кількість верстатів у майстерні визначається як 4% від числа верстатів, які обслуговують металорізальні машини (100-200 одиниць), що в даному випадку становить два верстати. Чисельність працівників, зокрема верстатників і слюсарів-ремонтників, обчислюється з розрахунку 2,4–2,7 осіб на один верстат за умови роботи у дві зміни. У майстерні також передбачається штатна посада майстра для керування ремонтами. Розташування майстерні передбачено поряд із інструментально-

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ремонтною коміркою (ІРК) та ремонтним відділенням для зручності обслуговування й ефективної організації роботи. Призначимо 2 верстати.

5.4.5 Відділення для роботи з мастильно-охолоджуючими рідинами

Постачання мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) здійснюється децентралізованим способом, що передбачає транспортування рідини до верстатів у тарі. Відпрацьовані рідини вивозяться аналогічним чином. Для приготування і роздачі МОР передбачено площу розміром 35 м², а для складу мастил — 15 м². Обидва приміщення розташовують у кутовій частині цеху, ізольованій капітальною перегородкою і обладнаній окремим виходом назовні. У відділенні працює три особи, що забезпечують його функціонування. [17, с. 339]

5.4.6 Склад заготовок та матеріалів у цеху

Площу цехового складу визначаємо за формулою:

$$F_{скл} = \frac{Q_o \cdot t_{cp}}{\varphi \cdot q_{cp} \cdot k_u}, \quad (5.20)$$

де Q_o – загальна чорнова маса всіх матеріалів та заготовок, що підлягають обробці у цеху протягом року, т;

$$Q_o = 670530 \text{ кг} = 670,5 \text{ т}$$

t_{cp} - число днів в середньому для зберігання матеріального запасу та заготовок $t_{cp} = 7$ діб [17, с. 189];

φ - число робочих днів на календарний рік, $\varphi = 253$ доби.

q_{cp} - завантаженість складу і середньому, т/м²; $q_{cp} = 2$ т/м² [17, с. 183–190].

k_u - показник задіяної площі, $k_u = 0,45$.

$$F_{скл} = \frac{670,5 \cdot 7}{253 \cdot 2 \cdot 0,45} = 20,6 \text{ , м}^2.$$

Площа складу для готових виробів та/або виробів виготовлених частково обчислюється аналогічно до площі цехового складу:

$$F_{скл} = \frac{530 \cdot 7}{253 \cdot 2 \cdot 0,45} = 16,3 \text{ , м}^2.$$

де Q_{o1} – маса готових деталей, що виробляються протягом року; $Q_{o1} = 530$ кг.

5.4.7 Інструментально-роздавальна комора

Інструментально-роздавальна комора (ІРК) забезпечує робочі місця необхідним інструментом і пристосуванням. Для визначення площі складу враховують кількість обладнання, яке обслуговується. У серійному виробництві

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

площа складу на один верстат становить 0,25 м². Для зберігання абразивних інструментів площу комори визначають з розрахунку 0,4 м² на кожен шліфувальний або заточний верстат. Також для обслуговування слюсарно-складальних робіт передбачають площу складу в розмірі 0,15 м² на кожного слюсаря.

Для обчислення площі приміщення інструментально-роздавальної комори можна використати формулу:

$$F_{ipk} = S_{ep} \cdot 0,25 + S_{ил} \cdot 0,4 + S \cdot 0,1 + R_{ск} \cdot 0,15, \quad (5.21)$$

де $S_{ep}=53$ - кількість верстатів без шліфувальних; $S_{ил}=11$ - кількість шліфувальних верстатів; $S=64$ - сумарна кількість верстатів;

$$F_{ipk} = 53 \cdot 0,25 + 11 \cdot 0,4 + 64 \cdot 0,1 + 10 \cdot 0,15 = 26, \text{ м}^2$$

Цей відділ слід розміщувати безпосередньо поруч із заточним відділенням, а також відділенням для ремонту оснастки та інструментів. Це забезпечить зручний доступ до необхідних інструментів і пристосувань, а також оптимізує робочі процеси та підвищить ефективність виробництва.

5.4.8 Відділення для переробки стружки

Для грубого проектування площу цього відділення можна взяти як коефіцієнт від числа верстатів по [17, табл.16]. Так площа відділення буде становити:

$$S_{пер} = 36, \text{ м}^2.$$

5.5 Калькуляція сумарного числа площі механообробного цеху, вибір типу споруди

Загальна площа механічного цеху включає площу для верстатів, інструментальних і заточних відділень, складських приміщень, а також площу для обслуговуючого персоналу та зберігання необхідного обладнання. Обчислюється як сума площ основних механічних відділень та допоміжних приміщень, що розташовані у цеху.

$$S_{мех.ц} = F_{м.заг} + F_{зв} + F_{к.в} + F_{рем} + F_{мор} + F_{скл.заг} + F_{склад.дет} + F_{ipk} + F_{стружк.}, \quad (5.22)$$

$$S_{мех.ц} = 1728 + 36 + 73,5 + 208 + 20,6 + 16,3 + 26 + 36 + 60 = 2380,77, \text{ м}^2$$

Обрання типів геометричних конструкцій і розмірів будівель та споруд для механообробних цехів залежить від багатьох факторів, включаючи специфіку виробничого процесу, тип виробництва, а також вимоги до технологічного

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

обладнання та організації робочого простору. Перш за все, необхідно враховувати особливості технологічних процесів, що будуть відбуватися в цеху, такі як вимоги до розміщення обладнання, освітлення, вентиляції та інших інженерних систем. Розміри споруд визначаються на основі кількості та типів верстатів, необхідних для виробничого процесу, а також вимог до простору для зберігання матеріалів, готової продукції та робочих місць для персоналу. Крім того, важливо враховувати нормативи щодо мінімальних відстаней між об'єктами, оптимальний рівень комунікацій і технологічної інфраструктури. У виборі конструкцій необхідно орієнтуватися на міцність, довговічність і економічну доцільність матеріалів, щоб забезпечити безпеку і ефективність експлуатації цеху.

Ширина прольотів визначається на основі планування обладнання, враховуючи розміри оброблюваних деталей, типи використовуваного обладнання та засоби транспорту. Для забезпечення ефективної роботи та зручності розташування всіх елементів виробничого процесу, в даному випадку ширина прольоту встановлена на рівні 18 м, а крок прольотів приймається рівним 12 м. Це дозволяє оптимально організувати виробничий простір і забезпечити необхідні умови для безперешкодного пересування матеріалів та обробки деталей.

5.6 Розробка загального планування цеху

Планування розміщення устаткування в цеху має ґрунтуватися на кількох важливих принципах. Одним із них є забезпечення прямоочності руху деталей протягом їх обробки відповідно до технологічного процесу. Це дозволяє зменшити час переміщення деталей і підвищити ефективність роботи. Іншим важливим аспектом є правильне визначення відстаней між устаткуванням і стінами, що сприяє зручності роботи та обслуговування обладнання. При розробці плану дільниць механічної обробки необхідно керуватися відповідними рекомендаціями, які забезпечують зручність і безпеку роботи, а також оптимізують використання виробничих площ. [16, с. 13, табл. 8, 9]

5.7 Організація внутрішньо-цехового транспорту

Цеховий транспорт є важливим елементом організації виробництва в механообробному цеху, оскільки його основна мета — це оптимізація процесу переміщення матеріалів, заготовок, інструментів і готових виробів між різними технологічними операціями. Наявність ефективного цехового транспорту дозволяє значно підвищити рівень автоматизації виробництва, зменшити фізичні навантаження на працівників та знизити витрати часу на транспортування, що в свою чергу впливає на підвищення загальної продуктивності і скорочення виробничих витрат.

Вибір типу цехового транспорту залежить від багатьох чинників, зокрема, від типу продукції, що виготовляється, та технології її обробки. Для серійного виробництва, де є потреба в постійному переміщенні великої кількості деталей

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

між робочими місцями, доцільно використовувати автоматизовані системи транспортування, такі як конвеєри або транспортери. Водночас для одиничного чи дрібносерійного виробництва, де виготовляються деталі з різними розмірами і конфігураціями, зазвичай використовують менш автоматизовані транспортні засоби, такі як крани, візки, підйомники або навіть ручне переміщення за допомогою різних пристосувань.

Ще одним важливим фактором при виборі транспорту є габарити деталей, що виготовляються. Для великих і важких деталей, як правило, використовують підйомно-транспортні пристрої, які можуть переміщувати вантажі великої маси на короткі або середні відстані. Для дрібних деталей можуть використовуватися більш компактні транспортні системи, що дозволяють ефективно переміщати невеликі заготовки між операціями без додаткових витрат простору.

Вибір цехового транспорту також залежить від особливостей технологічного процесу та умов самого цеху. Якщо обробка деталей здійснюється в умовах серійного чи масового виробництва, то необхідно організувати безперервний рух матеріалів і деталей. В такому випадку використовують транспортні системи, що працюють на автоматизованих чи напівавтоматизованих основах, мінімізуючи тим самим людський фактор.

Іншим важливим аспектом є безпека транспортування. Потрібно передбачити, щоб транспортери, крани або інші транспортні засоби були спроектовані таким чином, щоб уникнути перевантажень, випадкових пошкоджень або травм на робочих місцях. До того ж, транспортні засоби повинні бути оснащені системами захисту від поломок і забезпечувати плавний і безпечний рух матеріалів, щоб не порушити технологічний процес.

Враховуючи ці фактори, вибір транспорту для механообробного цеху є важливим етапом в організації ефективного і безпечного виробничого процесу, що дозволяє оптимізувати час виготовлення продукції і знизити витрати на її транспортування.

У нашому випадку для перевезень всередині цеху призначимо приймаємо ручні візки, а для переміщення між цехами застосуємо електричні візки.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.05.МПОД</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Розрахунок капітальних вкладень в основні виробничі фонди

6.1.1 Розрахунок вартості будівель цеху

Вартість будівництва залежить від обсягу будівлі, що розраховується на основі зовнішньої площі та висоти. Для одного поверху вартість 1 м³ будівлі становить 16 у.о., а для службово-побутових приміщень – 22 у.о. Враховуються витрати на санітарно-технічне обладнання, електричні мережі, а також підготовку ділення та практикування. Зовнішня площа будівлі зазвичай на 5-10% більша за внутрішню, що слід враховувати при розрахунках обсягів для визначення вартості.

Значення вартості виробничих та службово-побутових обчислені і представлені у таблиці 6.1

Таблиця 6.1 – Обчислення вартості виробничих та службово-побутових приміщень

Найменування	Зовнішня площа, м ²	Об'єм, м ³	Вартість у. о	Вартість, грн.
Виробнича	2380,77	23807,7	380923,2	2068412,97
Службово-побутова	529,8	3496,68	76926,96	417713,4
Разом	2910,6	27304,38		2481626,36

6.1.2 Розрахунок вартості обладнання

Загальна величина витрат на обладнання формується шляхом складання вартості технічного обладнання цеху, енергетичного та підйомно-транспортного обладнання, засобів контролю і управління, а також інструментів. Це дозволяє отримати комплексну оцінку витрат, що включає всі необхідні компоненти для забезпечення ефективної роботи цеху.

Вартість одиниць обладнання визначаються по первинній вартості, до якої відносять заготовчі витрати на будівельні роботи, створення фундаментів та монтаж обладнання.

Результати розрахунку вартості верстатів приведені в таблиці 6.2.

Вартість іншого обладнання цеху приймаємо у відсотках від вартості обладнання і складає: енергетичне 8% - 229912,8 грн., підйомно-транспортне 15% - 431086,5 грн. Засоби контролю та управління 20% - 574782 грн., інструмент та устаткування 15% - 431086,5 грн., господарчий та виробничий інвентар 5% - 143695,5 грн.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>					
					<i>ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Каф. ТМ</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>гр. ЗПМ-23М</i>		

1	2	3	4
2. Обладнання			
- металообробне	2873910		
- енергетичне	229912,8	43 %	1520010,1
- підйомно-транспортне	431086,5		
3. Засоби контролю та управління	574782	63,36%	375677,52
4. РІ та пристосування	431086,5	52,71%	227225,7
5. Вип - госп інвентар	143695,5	39,3%	56472,3
Разом	7170599,66		1602582,21

6.2 Планування фондів заробітної плати працівників

6.2.1 Планування фондів заробітної плати робочих

Фонд заробітної плати розраховуємо окремо для основних та допоміжних робочих.

Пряма заробітна плата основних виробничих робітників, зайнятих механічною обробкою деталей, розраховується на основі трудомісткості виконуваних операцій. Для робітників, які працюють за відрядною системою, середній розряд становить 5, а для погодинників — 4. Таким чином, пряму заробітну плату робітників-відрядників на поточній лінії визначають, множачи годинну тарифну ставку для відповідного розряду, трудомісткість виготовлення одного виробу та плановану кількість одиниць продукції:

$$Z_{np}^{nl} = S_{час.од.}^{nl} \cdot \tau_{сб} \cdot N_{зан} ; \quad (6.1)$$

де:

$$S_{час.од.}^{nl} = S_{час.1} \cdot K_5 ; \quad (6.2)$$

де $S_{час.1} = 9,63$ грн/год. – ставка 1 працівника 1-го розряду,

$K_5 = 1,78$ – коефіцієнт годинної ставки робітника 5-го розряду в порівнянні з годинною ставкою робітника 1-го розряду.

Коефіцієнти можна знайти у таблицях [19, дод. 6].

$$S_{np}^{nl} = 9,63 \cdot 1,78 \cdot 1,125 \cdot 21700 = 418464,43 \text{ грн.}$$

Пряма заробітна плата на виробництві основних працівників, які виконують роботи з механічної обробки продукції, обчислюється на основі значень трудомісткості їх роботи. Додатково слід зауважити, що умовно припускається, що 80% працівників отримують плату за відрядно-преміальною системою оплати, а 20% — за почасово-преміальною. Розряд робіт у середньому значенні для першої системи оплати становить 5, а для другої — 4.

$$Z_{np}^M = 0,8 \cdot \tau_{мех} \cdot N_{зан} \cdot S_{час.од.}^M + 0,2 \cdot \tau_{мех} \cdot N_{зан} \cdot S_{час.повр}^M ; \quad (6.3)$$

					КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Аналогічно з вище написаним:

$$Z_{np}^M = 0,8 \cdot 1,5 \cdot 21700 \cdot 1,78 \cdot 9,63 + 0,2 \cdot 1,5 \cdot 21700 \cdot 1,55 \cdot 9,63 = 543533,57 \text{ грн.}$$

До фонду прямої заробітної плати слід додати кілька доплат, що утворюють фонд годинної заробітної плати. Такі доплати беруть до уваги у обчисленнях із збільшеними коефіцієнтами.

Премії із фонду заробітної платні складають 14% від прямої заробітної платні:

$$Z_{прем} = 0,14 \cdot (Z_{np}^{nl} + Z_{np}^M); \quad (6.4)$$

$$Z_{прем} = 0,14 \cdot (418464,43 + 543533,57) = 134679,72 \text{ грн.}$$

Додаткові доплати обчислюємо як 1% від прямої зарплати:

$$Z_{допл} = 0,01 \cdot (Z_{np}^{nl} + Z_{np}^M); \quad (6.5)$$

$$Z_{допл} = 0,01 \cdot (418464,43 + 543533,57) = 9619,98 \text{ грн.}$$

Фонд годинної зарплати основних працівників буде:

$$\Phi_{зп.дн.ор.} = Z_{np}^{nl} + Z_{np}^M + Z_{прем} + Z_{допл}; \quad (6.6)$$

$$\Phi_{зп.дн.ор.} = 418464,43 + 543533,57 + 134679,72 + 9619,98 = 1106297,7 \text{ грн.}$$

Обчислюємо додаткову зарплату основних працівників підприємства $Z_{дод}$, що містить доплати до фондів денної та річної зарплати. Припустимо число додаткової зарплати 4-5% від фонду годинної зарплати основних працівників.

$$Z_{дод} = 0,05 \cdot \Phi_{зп.дн.ор.}; \quad (6.7)$$

$$Z_{дод} = 0,05 \cdot 1106297,7 = 55314,89 \text{ грн.}$$

Фонд зарплати основних працівників підприємства містить фонди основної та додаткової грошової вибороти:

$$\Phi_{зп.ор.} = \Phi_{зп.дн.ор.} + Z_{дод}; \quad (6.8)$$

$$\Phi_{зп.ор.} = 1106297,7 + 55314,89 = 1161612,59 \text{ грн.}$$

Основна зарплата допоміжних працівників цеху визначається на основі

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

того, що їхня праця оплачуються за погодинно-преміальною схемою відповідно до встановлених місячних ставок. За чинними тарифами, місячний оклад допоміжних працівників становить 65-70% від тарифної зарплати основного працівника VI розряду. Для розрахунку основної зарплати допоміжних робітників використовується тривалість планового періоду, що становить 11,3 місяця. Тоді:

$$Z_{вир}^{доп} = 11,3 \cdot Z_{тар} \cdot \eta^{доп} \cdot (0,65 \dots 0,7) \quad (6.9)$$

де $Z_{вир}^{доп}$ - пряма заробітна плата допоміжних робітників, грн.;

$Z_{тар}$ - тарифна зарплата основного працівника 6-го розряду, грн.;

$\eta^{доп}$ - чисельність допоміжних робітників, осіб.

$$Z_{вир}^{доп} = 11,3 \cdot 1,785 \cdot 9,63 \cdot 97 \cdot 8 \cdot 0,7 = 105512,2 \text{ грн.}$$

Для обчислення осн. зарплати допоміжних працівників $Z_{о.вр.}$ розмір доплати беремо 22 – 25%. Тоді:

$$Z_{о.вр.} = (1,22 \dots 1,25) \cdot Z_{вир}^{доп} \quad (6.10)$$

$$Z_{о.вр.} = 1,25 \cdot 105512,2 = 131890,25 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна платня допоміжних працівників $Z_{д.вр.}$ обчислюється так само як для основних працівників.

$$Z_{прем} = 0,14 \cdot 105512,2 = 14771,7 \text{ грн.};$$

$$Z_{оотл} = 0,01 \cdot 105512,2 = 1055,122 \text{ грн.}$$

Тоді: $Z_{о.вр.} = 14771,7 + 1055,122 = 15826,822 \text{ грн.}$

Розраховуємо фонд зарплатні допоміжного персоналу:

$$\Phi_{зн.вр.} = Z_{д.вр.} + Z_{о.вр.} \quad (6.11)$$

$$\Phi_{зн.вр.} = 15826,822 + 131890,25 = 147717,072 \text{ грн.}$$

Фонд заробітної платні всього персоналу цеху становитиме:

$$\Phi_{зн.р.} = \Phi_{зн.ор.} + \Phi_{зн.вр.} \quad (6.12)$$

					КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$\Phi_{зп.р.} = 1161612,59 + 147717,072 = 1309329,662 \text{ грн.}$$

6.2.2 Планування фонду заробітної плати ІТР, службовців та МОП

Чисельність робітників та їх посадові оклади відповідно до штатного розкладу визначають фонд зарплати цих працівників. Для оплати їхньої праці використовують погодинно-преміальну систему. Фонд зарплати за посадовими окладами обчислюється як сума добутків кожного окладу на кількість працівників і на кількість місяців у плановому періоді. Розрахунок фонду заробітної плати проводимо згідно і результати заносимо в таблицю 6.4.

Таблиця 6.4 – фонд заробітної плати ІТР, службовців та МОП

№ п/п	Посада	Кількість штатних, осіб	Міс. оклад з/п, грн.	Міс. фонд з/п, грн	Фонд з/п на рік, грн.
1	2	3	4	5	6
1	Нач. цеху	1	5196,4	5196,4	58719,32
2	Заст. нач. цеху	1	4375,9	4375,9	49447,67
3	Ст. майстер	2	3555,5	7111	80354,3
4	Змінний майстер	5	3282	16410	185433
5	Нач. тех. бюро	1	4375,9	4375,9	49447,67
6	Інж.-технолог 1 кат.	1	4102,4	4102,4	46357,12
7	Інж.-технолог 2 кат.	1	3145,2	3145,2	35540,76
8	Технік-технолог	1	2188	2188	24724,4
9	Майстер з ремонту	1	3692,2	3692,2	41721,86
10	Старший диспетчер	1	3555,5	3555,5	40177,15
11	Диспетчер	1	2871,7	2871,7	32450,21
12	Інженер формувальник	1	3282	3282	37086,6
13	Технік формувальник	1	2188	2188	24724,4
14	Механік цеху	1	3828,9	3828,9	43266,57
15	Контрольний майстер	1	2735	2735	30905,5
	Разом по ІТР				780356,5
16	Бухгалтер	1	2324,7	2324,7	26269,1
17	Зав. Складом	1	2598,2	2598,2	29359,7
18	Старший рахівник	1	2598,2	2598,2	29359,7
19	Касир	1	2188	2188	24724,4
20	Старший табельщик	1	2188	2188	24724,4
21	Машиністка	1	2188	2188	24724,4
22	Табельщик	1	1914,5	1914,5	21633,9
	Разом по службовцям				180795
23	Прибиральники	2	1094	2187,97	24724,1
24	Ліфтер, вахтер	2	1094	2187,97	24724,1
	Разом по МОП				49448,1

Фонд зарплати промислово-виробничих працівників механічного цеху розраховуємо по формулі:

$$\Phi_{ПВП}^{зп} = \Phi_{зп.р.} + \Phi_{итр} + \Phi_{служб} + \Phi_{моп} \quad (6.13)$$

					КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$$\Phi_{ПВП}^{ЗП} = 1309329,662 + 780356,5 + 180795 + 49448,1 = 2319929,262 \text{ , грн}$$

6.2.3 Визначення заробітної плати в середньому

Середній рівень зарплати працівників є ключовим показником, який відображає ефективність виробничо-господарської діяльності цеху. Цей показник дає змогу оцінити матеріальний добробут робітників та аналізувати зміни в оплаті праці. Середня зарплата розраховується на основі фонду зарплати працівників, які працюють на промислово-виробничому обладнанні, з урахуванням категорій персоналу. Результати розрахунку середньої зарплати представлені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Розрахунок середньої заробітної плати

Категорія робітників	Фонд, зарплати, грн.	Чисельність працюючих робітників	Середньомісячна зарплата, грн.
ПВП Основні робітники	1161612,59	60	1713,29
Допоміжні робітники	147717,072	10	1307,23
ІТР	780356,5	16	4316,13
Службовці	180795	7	2285,65
МОП	49448,1	4	1094
Разом		95	10716,3

6.3 Обчислення собівартості продукції

До статті Сировина та основні матеріали відносять витрати на матеріал, які необхідні у складі для виготовлення виробу.

Витрати на сировину і матеріали будуть складати :

$$З_{ом} = \left(\sum_{i=1}^n \alpha_{mi} \cdot Ц \right) \cdot K_{mp} \cdot K_{бр}$$

$$З_{ом} = 868,08 \text{ , грн}$$

До статті Купівля готових напівфабрикатів та оплата послуг підрядників відносять затрати на придбання готових та напівготових виробів для складання продукції, що випускається.

$$З_{п.м} = 22,8 \text{ , грн}$$

До статті Паливо та енергія для технологічних цілей відносять витрати енергії та/або палива, які необхідні у великому об'ємі.

Вартість електроенергії обчислюємо так:

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$Q_e = \sum_{i=1}^n Q_{ei} , \quad (6.14)$$

де Q_{ei} – енергія, яку споживає i -та група обладнання ;

$$Q_{e.вер.} = (F_{\sigma} \cdot K_n \cdot K_e \cdot \sum N_{вир}) / \eta ,$$

де F_{σ} – дійсний річний фонд часу роботи групи обладнання ;

K_n - витрати сплової енергії на одну машинно-годину роботи, визначається згідно з додатками [7]; K_e - коефіцієнт завантаження обладнання за часом.

$$Q_{e.вер.} = (3802 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 483,9) / 0,8 = 1103873 , \text{ кВт/год}$$

$$Q_{e.осв} = \sum N_{осв} \cdot K_{осн} \cdot F_{осв} \cdot S ,$$

$$Q_{e.осв} = 0,015 \cdot 0,8 \cdot 2500 \cdot 1814,4 + 0,02 \cdot 0,8 \cdot 2500 \cdot 566,37 + 0,01 \cdot 0,7 \cdot 2500 \cdot 529,8 = 78013,95 , \text{ кВт/год}$$

В результаті витрати на Паливо та енергія для технологічних цілей на одну одиницю продукції цеху становлять:

$$z_{T.e} = \frac{Ц_{e.c} \cdot 0,01 \cdot Q_{e.осв}}{N_{вир}} + \frac{Ц_{e.n} \cdot 0,01 \cdot Q_{e.вер.}}{N_{вир}} , \quad (6.15)$$

де $Ц_{e.c}$ – вартість 1 кВт/год електроенергії для соцкультпобуту за діючими тарифами .

По чинним тарифам отримуємо:

$$z_{T.e} = \frac{1,12 \cdot 78013,95}{20000} + \frac{1,12 \cdot 1103873}{20000} = 66,18 , \text{ грн/год}$$

$$z_{T.e} = 66,18 \text{ грн/год}$$

Стаття Основна зарплата виробничих працівників:

$$z_o = \frac{z_{осн}}{N_{вир}} = \frac{418464,43 + 543533,57}{20000} = 48,1 , \text{ грн}$$

Стаття Додаткова зарплата працівників:

$$z_{\sigma} = \frac{z_{прем} + z_{допл} + z_{дод}}{N_{вир}} = \frac{134679,72 + 9619,98 + 55314,89}{20000} = 9,98 , \text{ грн}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

До статті Відрахування до пенсійного фонду відносять обсяг коштів, що становить 38,35% від фонду зарплати:

$$Z_{пен} = (Z_o + Z_o) \cdot 0,3835 = (48,1 + 9,98) \cdot 0,3835 = 22,3 \text{ ,грн}$$

У статтю Відрахування до фонду зайнятості входить обсяг коштів у числі 5,5% від фонду зарплати:

$$Z_{зайн} = (48,1 + 9,98) \cdot 0,055 = 3,194 \text{ ,грн}$$

$$Z_{фн} = (48,1 + 9,98) \cdot 0,12 = 6,97 \text{ ,грн}$$

Отже, зарплата працівників підприємства з нарахуванням складає :

$$Z_{o,p} = Z_o + Z_o + Z_{пен} + Z_{зайн} + Z_{фн} ,$$

$$Z_{o,p} = 48,1 + 9,98 + 22,3 + 3,194 + 6,97 = 90,544 \text{ ,грн}$$

До статті Витрати на утримання та експлуатацію обладнання відносять витрати на утримання устаткування і робочих місць. Крім того, слід врахувати витрати на ремонт обладнання та транспортних засобів, куди в свою чергу обов'язково включається їх амортизація, модернізація.

На поточний ремонт устаткування видатки сягають 120 грн на рік на одиницю металорезального верстату, 125 грн на рік на ремонт двигунів шліфувальних машин і 70 грн на рік для ремонту усіх двигунів різного обладнання.

$$Z_{рем} = 48 \cdot 120 + 125 \cdot 6 + 70 \cdot 42 = 9450, \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування по групам обладнання, засобів контролю та управління, інструменти та пристосування розраховані в п.б.1.2. і складають 232186,93 грн.

Отже, видатки по даній статті:

$$Z_{с.ф.о} = \frac{Z_{рем} + Z_{аморт}}{N_{вип}} = \frac{9450 + 1602582,21}{20000} = 80,60, \text{ грн}$$

До статті Цехові видатки відносять видатки по утриманню апарату управління цеху; амортизаційні видатки та видатки на управління та ремонт будівель, споруд, інвентарю загально цехового призначень, витрати на експерименти, дослідження, на заходи по охороні праці та інше. Ця стаття відноситься до комплексних .

Заробітна плата адміністративно-керуючого персоналу з нарахуваннями:

$$Z_{ацп}^{нар} = 49448,1 \cdot 1,3835 = 68411,45, \text{ грн}$$

					КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Заробітна плата допоміжних робочих з нарахуваннями:

$$Z_{дон}^{нар} = 147717,072 \cdot 1,3835 = 204366,56, \text{ грн}$$

Амортизаційні видатки на модернізацію будівель:

$$Z_{а.б\ddot{y}д.} = 121820,2, \text{ грн}$$

Витрати на воду душових для пару для опалення із розрахунком $0,04 \text{ м}^3$. На одну особу, яка використовує душ; $0,41 \text{ т}$ водяної пари для зимового опалення 1 м^3 приміщень за календарний рік і на нагрівання бані $0,9 \text{ т}$ водяної пари на одну особу за календарний рік:

Витрати на воду:

$$Z_{душ} = 253 \cdot 16,5 \cdot 40 = 166980, \text{ грн}$$

Витрати на пару:

$$Z_{пар} = (26004 \cdot 0,41 + 253 \cdot 0,9)208 = 2264982,72, \text{ грн}$$

Витрати по заданій стаття калькуляції складають:

$$Z_{цех} = \frac{Z_{ацп}^{нар} + Z_{дон}^{нар} + Z_{а.б\ddot{y}д.} + Z_{душ} + Z_{пар}}{20000},$$

$$Z_{цех} = \frac{68411,45 + 204366,56 + 121820,2 + 166980 + 2264982,72}{20000} = 141,32, \text{ грн}$$

До статті Загальнозаводські витрати входять видатки на управління та організацію виробництва у цілому (зарплата з урахуванням, конторські витрати, витрати на відрядження працівників, забезпечення пожежної та воєнізованої охорони, амортизація будівель та споруд, інші витрати). Для обчислення цих видатків створюють кошторис загальнозаводських витрат. Його урахування у собівартість кожної одиниці продукції відбувається шляхом введення коефіцієнта $K_{ос}$, що приймають $0,7-0,8$. Розраховують за формулою:

$$Z_{ос} = Z_o \cdot K_{ос} = 48,1 \cdot 0,7 = 33,67, \text{ грн}$$

Отже, виробнича собівартість становить :

$$C_{пр} = Z_{ом} + Z_{пм} + Z_{т.е} + Z_{в.м} + Z_{ор} + Z_{с.е} + Z_{цех} + Z_{ос},$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$C_{np} = 868,08 + 22,8 + 52,08 + 66,18 + 90,544 + 80,60 + 141,32 + 33,67 = 1355,27, \text{ грн}$$

До статті Позавиробничі видатки включають витрати, що пов'язані з реалізацією виробів, їх упаковкою, переміщенням продукції в пункти відправлення. Усі ці видатки також враховуються в комплексних статтях видатків. Урахування цих витрат у собівартість здійснюється шляхом введення коефіцієнта K_{en} позавиробничих витрат, що встановлюють 0,04 від виробничої собівартості продукту.

$$З_{ep} = C_{np} \cdot 0,04 = 1355,27 \cdot 0,04 = 54,21, \text{ грн}$$

Отже, повна собівартість одиниці продукції коштує:

$$C_n = C_{np} + З_{en} = 1355,27 + 54,21 = 1409,48, \text{ грн}$$

Додатково, на собівартість виробів впливають різні податки та внески. Усі вони залежать від прибутку та обсягів діяльності підприємства. Тому, після калькуляції вартості одиниці виробу, реалізовану оптом, та прибутку, визначається сума податків і відрахувань. Для розрахунку прибутку та оптової цінності одиниці виробу встановлюється рентабельність на рівні 25%. Тоді запланованих прибуток на один виріб обчислимо так:

$$П_{nl} = \frac{C_n \cdot P}{100} = \frac{1409,48 \cdot 25}{100} = 352,37, \text{ грн}$$

Оптова вартість виробу буде складати:

$$Ц_o = C_n + П_{nl} + ПДВ = (C_n + П_{nl}) \cdot 1,2 ,$$

$$Ц_o = (1409,48 + 352,37) \cdot 1,2 = 2114,22, \text{ грн}$$

$$ПДВ = (1409,48 + 352,37) \cdot 0,2 = 352,37, \text{ грн}$$

Величина податків і відрахувань складається із наступних складових. Страхування майна підприємства складає 1% від прибутку:

$$З_{стр} = 0,01 \cdot П_{nl} = 0,01 \cdot 352,37 = 3,524, \text{ грн}$$

Видатки до інноваційного фонду сягатимуть 1% від величини підприємства або від оптової вартості:

$$З_{инов} = 0,01 \cdot 2114,22 = 21,14, \text{ грн}$$

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Плата за використання земельних ресурсів визначається з розрахунку на 1м² виробничої площі :

$$Z_{зем} = \frac{S_u \cdot a}{N_{вип}} = \frac{(25/5) \cdot 2910,6}{20000} = 0,73, \text{ грн}$$

Відрахування на ремонт будівництво доріг складає 0,4% від оптової ціни :

$$Z_{дор} = 0,004 \cdot Ц_o = 0,004 \cdot 2114,22 = 8,46, \text{ грн}$$

Комунальний податок сягатиме 10% від фонду зарплати до оподаткування. Неоподаткований мінімум сягатиме 17 грн/особу. Величина податку обчислюється із урахуванням величини промислово-виробничого процесу:

$$Z_{кн} = \frac{0,1 \cdot a \cdot Ч_{нпм}}{N_{вип}},$$

де a – неоподаткований мінімум фонду оплати праці.

$$Z_{кн} = \frac{0,1 \cdot 17 \cdot 284}{20000} = 0,02, \text{ грн}$$

У результаті собівартість із урахуванням суми всіх видатків:

$$C = C_n + Z_{дор} + Z_{інов} + Z_{кн},$$

$$C = 1409,48 + 8,46 + 21,14 + 0,02 = 1439,1, \text{ грн}$$

Рентабельність розраховується по формулі:

$$P' = \frac{352,37}{1439,1} \cdot 100\% = 24,49\%$$

Остаточна оптова ціна продукції :

$$Ц'_o = C + П_{нл} = 1439,1 + 352,37 = 1791,47, \text{ грн}$$

Розраховуємо прибуток який залишається підприємству :

$$П_{п} = П_p - П_n,$$

де $П_p$ – прибуток від реалізації продукції грн.

$$П_p = П_{нл} \cdot N_{вип} = 352,37 \cdot 20000 = 7047400, \text{ грн}$$

					КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

$P_n = 30\%$ - податок на прибуток підприємства .

$$P_{II} = 7047400 - 0,3 \cdot 7047400 = 4933180, \text{ грн}$$

6.4 Економічні показники роботи механічного цеху

Зведемо до таблиці 6.6 всі обчислені складові собівартості. А техніко-економічні метрики роботи механообробного цеху покажемо у таблиці 6.7.

Таблиця 6.6 – Обчислення собівартості одиниці продукції

№ п/п	Назва статей калькуляції	Сума витрат		Питома вага витрат у повній собівартості, %
		на вироб, грн.	на річну програму випуску, грн.	
1	2	3	4	5
1	Сировина та основні матеріали	868,08	17361600	60,32
2	Покупні виробі і напівфабрикати	22,8	456000	1,58
3	Допоміжні матеріали	52,08	1041600	3,16
4	Паливо й енергія на технологічні потреби	66,18	1323600	4,59
	Прямі матеріальні витрати	1009,1	20182800	70,1
5	Основна заробітна плата виробничих робітників	48,1	962000	3,3
6	Додаткова заробітна плата основних виробничих робітників	9,98	199600	0,69
7	Відрахування на соціальні потреби	22,3	446000	1,55
	Заробітна плата виробничих робітників	80,38	1607600	5,58
8	Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	80,60	1612000	5,6
	Технологічна собівартість виробу	1170,1	23402400	81,31
9	Загальновиробничі витрати	141,32	2826400	9,82
	Цехова собівартість виробу	1311,4	26228800	91,13
10	Адміністративні витрати	33,67	673400	2,34
	Виробнича собівартість виробу	1345,1	26902200	93,47
11	Витрати на збут	94,21	1084200	3,767
	Повна собівартість виробу	1439,1	27986400	97,24
12	Комунальні витрати	0,02	400	0,001
13	Собівартість виробу	1439,1	28782000	100

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	<i>Аркуш</i>
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 6.7 – Техніко-економічні метрики роботи механообробного цеху

1	Найменування показників	Одиниці виміру	Величина показника
1	2	3	4
1.	Річна програма випуску виробів, $N_{\text{вип.}}$	тис. од.	20
2.	Обсяг товарної продукції, $Q_{\text{т}} = (C_o \cdot N_{\text{вип.}})$	тис. грн.	42284,4
3.	Капітальні вклади необхідні для створення виробництва, K	тис. грн.	11199,651
4.	Прибуток від реалізації товарної продукції $\Pi_p = (C_o - C) \cdot N_{\text{вип.}}$	тис. грн.	13502,4
5.	Собівартість товарної продукції, $C_{\text{т}} = C \cdot N_{\text{вип.}}$	тис. грн.	28782
6.	Вироблення на одного робітника $\Pi_{\text{т}} = Q_{\text{т}} / \Phi_{\text{т}}$	грн./осіб	704740
7.	Витрати на 1грн. Товарної продукції $C_{\text{т}} = C_{\text{т}} / N_{\text{вип.}}$	грн./грн	0,68
8.	Фондовіддача, $\Phi_o = Q_{\text{т}} / \Phi_{\text{т}}$	грн./грн	10,55
9.	Фондоємність, $\Phi_e = \Phi_{\text{т}} / Q_{\text{т}}$	грн./грн	0,09
10.	Фондоозброєність, $\Phi_e = \Phi_{\text{т}} / C_{\text{т}}$	грн./осіб	66744,18
11.	Термін окупності капітальних вкладень $T = K / \Pi_p$	років	0,89

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.06.ЕЧ</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

7 ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників обладнання

При обробці металів різанням існує низка небезпечних факторів, які можуть становити загрозу для працівників. До них належить можливість отримання травм від обертальних або рухомих частин верстата, таких як ріжучі інструменти, патрони або приводні механізми. Крім того, безпеку створюють металеві стружки, які можуть мати високу температуру та гострі краї, здатні спричинити порізи або опіки.

Виникнення високого рівня шуму і вібрацій під час роботи обладнання може негативно вплинути на слух і загальний стан працівника. Небезпечним фактором також є вплив мастильно-охолоджувальних рідин, які можуть містити шкідливі хімічні речовини і спричиняти подразнення шкіри або дихальних шляхів. Крім того, у разі порушення правил безпеки можливе ураження електричним струмом через несправності в електрообладнанні верстатів.

Нерухомі частини верстатів мають бути огорожені для забезпечення безпеки працівників і запобігання нещасним випадкам. Огородження захищає від випадкового контакту з небезпечними елементами, такими як виступаючі частини, затискні пристрої або механізми, які можуть завдати травм у разі зіткнення. Вони також запобігають проникненню одягу, волосся чи інших предметів у небезпечні зони, що може призвести до затягування і травмування. Огородження сприяє захисту працівників від уламків або стружки, які можуть вилітати під час роботи, а також запобігає скупченню пилу і бруду на критично важливих вузлах, що знижує ризик несправностей обладнання. Таким чином, огороження є важливим елементом системи безпеки на виробництві.

Заземлення верстатів необхідне для забезпечення електробезпеки на виробництві та захисту працівників від ураження електричним струмом. Під час роботи обладнання можливе виникнення несправностей, наприклад, пошкодження ізоляції або пробій струму на металевий корпус верстата. У таких випадках заземлення забезпечує шлях для відведення електричного струму до землі, запобігаючи накопиченню напруги на корпусі.

Крім того, заземлення захищає чутливу електроніку верстатів від перенапруг, спричинених грозовими розрядами або коливаннями в електромережі, що знижує ризик пошкодження обладнання та збільшує його довговічність. Таким чином, заземлення є важливим заходом для забезпечення безпеки, надійності та ефективності роботи верстатів у виробничих умовах.

Тривала дія шуму на виробництві негативно впливає на людину, викликаючи фізіологічні, психологічні та соціальні наслідки. Перш за все, шум може призвести до порушення слуху, зокрема до часткової або повної втрати

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.07.ЕОП</i>				
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>					
<i>Разроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>							
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Екологія та охорона праці</i>			<i>Каф. ТМ</i>	
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						<i>гр. ЗПМ-23м</i>	

слуху (шумової глухоти). Це відбувається через ушкодження чутливих клітин у внутрішньому вусі, які не відновлюються.

Крім того, високий рівень шуму впливає на нервову систему, викликаючи хронічний стрес, підвищену дратівливість, зниження концентрації та продуктивності праці.

Фізіологічні наслідки включають підвищення артеріального тиску, прискорення серцебиття, порушення сну, головні болі та втому. Шум також може впливати на гормональний баланс, збільшуючи рівень стресових гормонів, таких як кортизол. Це підвищує ризик розвитку серцево-судинних захворювань.

На психологічному рівні тривала дія шуму може викликати почуття тривоги, депресії та емоційну нестабільність. У соціальному контексті шум може призводити до зниження якості життя, ускладнення спілкування, конфліктів і соціальної ізоляції.

Таким чином, тривалий вплив шуму на виробництві вимагає впровадження ефективних заходів захисту, таких як використання засобів індивідуального захисту, звукоізоляція обладнання та організація робочих місць у відповідності до санітарно-гігієнічних норм.

Небезпечними факторами, які можуть спричинити травматизм на робочому місці, вважаються ті, що безпосередньо створюють загрозу здоров'ю та життю працівників.

Механічні небезпеки, зокрема незахищені рухомі частини обладнання, зони різання, небезпека потрапляння кінцівок чи одягу до механізмів, падіння важких предметів або матеріалів.

Електричні ризики, такі як контакт із відкритими струмоведучими частинами, несправність електропроводки, відсутність заземлення або ізоляції, перевищення допустимого рівня напруги.

Небезпека падіння, яка виникає через слизькі або нерівні поверхні, відсутність огорож на висоті, несправні сходи або платформи.

Фізичні фактори, включаючи високу температуру, небезпеку опіків від гарячих поверхонь чи рідин, а також ризики від ударів гострими або твердими предметами.

Хімічні небезпеки, спричинені контактом із токсичними, корозійними чи легкозаймистими речовинами, що можуть викликати опіки, отруєння або вибух.

Ризики, пов'язані з рухом транспортних засобів, такі як наїзди, перевезення важких вантажів без дотримання правил безпеки, неправильна організація транспортних потоків на виробництві.

Шум, вібрація та інші фізичні впливи, які можуть знижувати уважність, викликати втому або втрату координації, що підвищує ймовірність помилок.

Психологічні фактори, зокрема стрес, перевтома, недолік відпочинку, що впливають на швидкість реакції і зосередженість працівника.

Профілактика травматизму потребує системного підходу, включаючи відповідну організацію робочих місць, технічне забезпечення, навчання працівників, контроль за дотриманням правил охорони праці та своєчасне усунення небезпек.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.07.ЕОП</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

7.2 Інженерні пропозиції по безпеці експлуатації технічних комплексів

Інженерні пропозиції для забезпечення безпеки експлуатації технічних комплексів повинні охоплювати комплекс заходів, спрямованих на зниження ризиків аварій і травмування працівників, а також забезпечення надійності функціонування обладнання. До таких пропозицій належать наступні.

Системи автоматичного контролю та захисту. Встановлення датчиків, які відстежують робочі параметри (температура, тиск, навантаження), а також автоматичних систем відключення у разі відхилень від норм.

Фізичне огороження небезпечних зон. Забезпечення нерухомих і рухомих частин механізмів захисними кожухами, сітками або бар'єрами. Це зменшує ймовірність випадкового контакту з небезпечними елементами.

Системи заземлення. Наявність якісного заземлення для електрообладнання, що виключає можливість ураження електричним струмом у разі пошкодження ізоляції.

Оптимізація конструкції обладнання. Використання ергономічного дизайну для мінімізації навантаження на працівників і зменшення ризику травматизму під час обслуговування.

Використання засобів сигналізації. Інтеграція звукових і світлових сигналів, які попереджають про початок роботи обладнання, перевищення допустимих параметрів або виникнення небезпеки.

Регулярна технічна діагностика. Введення систематичних перевірок технічного стану обладнання, зокрема стану рухомих частин, електропроводки та кріплень.

Впровадження стандартів безпечного монтажу та демонтажу. Передбачення спеціальних пристроїв або інструментів для безпечного виконання цих робіт, що виключають падіння частин обладнання або травмування працівників.

Резервування критичних систем. Використання дублюючих систем для забезпечення безперебійної роботи і мінімізації наслідків відмов основного обладнання.

Системи вентиляції та аспірації. Установка обладнання для очищення повітря від пилу, токсичних речовин, парів і газів, які можуть утворюватися в процесі роботи.

Навчання та інструктаж персоналу. Розробка і проведення регулярних навчальних програм для працівників, які мають справу з технічними комплексами, включаючи навчання реагуванню на аварійні ситуації.

Ці заходи спрямовані на підвищення рівня безпеки та створення комфортних умов праці, зменшення ризику травматизму та підвищення ефективності виробничого процесу.

Сучасні протоколи та норми техніки безпеки при роботі з металорізальними верстатами розроблені з урахуванням високих вимог до безпеки праці, мінімізації ризиків травматизму та забезпечення комфортних умов роботи. Основними аспектами цих правил є такі.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.07.ЕОП</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1. Загальні вимоги безпеки.

Використання засобів індивідуального захисту (ЗІЗ): захисні окуляри, рукавички, захисний одяг, взуття з нековзною підошвою.

Проведення регулярного інструктажу працівників про безпечні методи роботи.

Заборона роботи на несправному обладнанні або при виявленні дефектів у системах безпеки верстата.

Контроль стану здоров'я працівників, які працюють на верстатах, включаючи періодичні медогляди.

2. Безпечна експлуатація верстатів.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність устаткування, стан рухомих частин, кріплень, огорожень, системи заземлення та електроізоляції.

Використання захисних огорожень для обертальних і рухомих частин верстата, що унеможливує випадковий доступ до небезпечних зон.

Заборона роботи на верстаті без належно закріпленої заготовки.

Обов'язкове застосування системи аварійного вимкнення обладнання.

3. Електробезпека.

Забезпечення якісного заземлення обладнання для запобігання ураженню електричним струмом.

Перевірка наявності ізоляції та відсутності пошкоджень у проводці перед запуском обладнання.

Вимкнення верстатів з мережі під час обслуговування, налаштування чи заміни інструменту.

4. Управління небезпечними факторами.

Встановлення витяжних систем або аспіраційного обладнання для видалення пилу, стружки та шкідливих парів.

Використання шумозахисних екранів або кабін для зниження рівня шуму.

Забезпечення належного освітлення робочого місця для запобігання зоровій втомі.

5. Організаційні заходи.

Встановлення зон безпеки навколо верстата, позначених сигнальними розмітками.

Дотримання правил зберігання інструментів і витратних матеріалів.

Проведення регулярних технічних оглядів та профілактичного обслуговування обладнання.

Заборона перебування сторонніх осіб у зоні роботи верстатів.

6. Актуальні стандарти та нормативи.

Міжнародні стандарти, такі як ISO 23125 (Безпека металорізальних верстатів), визначають технічні вимоги до безпеки обладнання.

Національні нормативи, наприклад, ДСТУ, охоплюють специфічні аспекти безпечної роботи в умовах місцевого виробництва.

Використання практик оцінювання ризиків, наприклад, методології HAZOP або FMEA для ідентифікації та мінімізації небезпек.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.07.ЕОП</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Сучасні протоколи безпеки спрямовані на створення інтегрованої системи, яка враховує технічні, організаційні та індивідуальні заходи, спрямовані на забезпечення безпечної та продуктивної роботи на металорізальних верстатах.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.07.ЕОП</i>	<i>Аркуш</i>
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної магістерської роботи був розроблений технологічний процес виготовлення деталі “вал-шестерня”.

Запропоновано технологічний процес, який базується на механічній обробці деталей за допомогою верстатів із числовим програмним керуванням (ЧПК). Процес передбачає застосування сучасних твёрдосплавних інструментальних матеріалів, що дозволяє значно скоротити час виготовлення вала-шестерні, знизити витрати на його виробництво та підвищити загальну економічну ефективність роботи цеху. Крім того, впровадження цієї технології сприяє покращенню якості обробки деталей, зменшенню рівня зносу інструментів і підвищенню стабільності виробничих процесів, що забезпечує конкурентні переваги та зростання продуктивності підприємства.

Розроблений технологічний процес є більш економічно вигідним порівняно з базовим, оскільки завдяки вжитим заходам вдалося значно знизити собівартість виготовлення виробу. Крім того, реалізація запропонованих удосконалень сприяла підвищенню техніко-економічних показників виробництва, таких як продуктивність, ефективність використання ресурсів та скорочення витрат на енергоспоживання і матеріали. Це дозволяє досягти більшої рентабельності виробництва, що є важливим фактором для покращення конкурентоспроможності на ринку.

Створено проєкт механічного цеху для виготовлення вала-шестерні шестеренчастого насоса. У межах цього проєкту розроблено комплекс заходів, спрямованих на організацію ефективної роботи цеху. Також надано рекомендації щодо впровадження технічних і організаційних рішень, спрямованих на забезпечення безпеки праці та дотримання норм охорони праці під час експлуатації металорізального обладнання. Реалізація запропонованих заходів сприятиме покращенню умов праці та продуктивності, забезпечуючи відповідність сучасним стандартам виробничої діяльності.

Технічне завдання виконано у повному обсязі.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.В</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Висновки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>			
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог та технічний посібник Seco 2020: "Токарна обробка"
2. Каталог абразивного інструмента LUCABRASIV 2015
3. ДСТУ 18217:2008 "Протяжки шпонкові. Конструкція"
4. Каталог зубообробного інструмента FETTE 2015
5. ДСТУ 2675:2008 "Патрони самоцентруючі трикулачкові. Основні розміри"
6. ANDRE Абразивный инструмент
7. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
8. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І, Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ, 2008, 576 с.
9. Горбатюк Е.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування Навчальний посібник. Львів., Новий світ, 2008, 360 с.
10. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навчальний посібник. Львів: Світ, 2001. 232 с.
11. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – К.: Вища школа, 1993р.
12. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник: ІСДО, 1996р.
13. Руденко П.А. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні. Київ: Вища школа. 1985.
14. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996.
15. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник. К.: ІСДО, 1996. 300 с.
16. Методичні вказівки до курсової роботи Механоскладальні дільниці та цехи машинобудівних заводів. Полтава: ПДТУ ім. Юрія Кондратюка, 1999, 29 с.
17. Економіка підприємства: Підручник / За ред. С. Ф. Покропивного. К.: КНЕУ, 2001.
18. В.Ц. Жидецький, В.С. Джигірей, В.М.Сторожук, Л.В.Туряб Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред. канд. техн. наук, доцента В.Ц. Жидецького. Львів, Афіша, 2005, 352 с.
19. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.
20. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.
21. Жидецький В.Ц., Основи охорони праці. Підручник Київ 2002р.
22. Закон України Про охорону навколишнього природного середовища, 1991 року зі змінами № 554-ІХ від 13.04.2020

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.СВД</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Разроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>					
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>			<i>Список використаних джерел</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

23. Закон України Про охорону праці, нова редакція, м. Київ, 21 листопада 2002 року, № 341-ІХ від 05.12.2019, ВВР, 2020, № 13, ст.68
24. Охорона праці: Навчальний посібник / За ред. В. Кучерявого. Львів: Оріана-Нова, 2007. 368 с.

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.СВД</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		84

ДОДАТКИ

					<i>КНУ.КМР.131.24.2-02.Д</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Додатки</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Ігнацевич</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кравцова</i>						
<i>Н. Контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						
						<i>Каф. ТМ гр. ЗПМ-23м</i>		

Код УП для токарної операції 020

%

ОВал(FILENAME = Вал)

N20 G20 G40

N25 G28 U0

N30 G28 W0

(OPERATION: ROUGH FACE ТОРЕЦІ)

N40 T101

N45 G50 S3000

N50 G96 S559 M4

N55 G0 X2.8612 Z0.0039 M8

N60 G1 X-0.0787 F0.01

N65 Z0.0197

N70 X-0.0509 Z0.0336

N75 G0 Z0.1575

(OPERATION: FINISH FACE ТОРЕЦІ)

N85 G0 X2.9399

N90 G50 S3000

N95 G96 S810

N100 G0 X2.9399 Z0.1575 M8

N105 Z0.

N110 G1 X-0.0787 F0.01

N115 X0.144 Z0.1114

(OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1)

N125 G0 X2.8612

N130 G50 S3000

N135 G96 S559

N140 G0 X2.8612 Z0.1114 M8

N145 X2.9399 Z0.1487

N150 X2.5669

N155 G1 Z-5.8268 F0.01

N160 X2.7037

N165 X2.7316 Z-5.8129

N170 G0 Z0.1487

N175 G1 X2.2126

N180 Z-3.6969

N185 X2.4409

N190 G3 X2.5022 Z-3.7095 R0.0433

N195 G1 X2.5416 Z-3.7292

N200 G3 X2.5669 Z-3.7598 R0.0433

N205 G1 X2.5948 Z-3.7459

N210 G0 Z0.1487

N215 G1 X1.8583

N220 Z-3.6969

N225 X2.2126
N230 X2.2404 Z-3.6829
N235 G0 Z0.1487
N240 G1 X1.5039
N245 Z-3.6969
N250 X1.8583
N255 X1.8861 Z-3.6829
N260 G0 Z0.1487
N265 G1 X1.1496
N270 Z-3.6969
N275 X1.5039
N280 X1.5318 Z-3.6829
N285 G0 Z0.1487
N290 G1 X0.7953
N295 Z-3.6969
N300 X1.1496
N305 X1.1774 Z-3.6829
N310 G0 Z0.1487
N315 G1 X0.6912
N320 Z-0.0087
N325 X0.7699 Z-0.0481
N330 G3 X0.7953 Z-0.0787 R0.0433
N335 G1 X0.8231 Z-0.0648
N340 G0 Z0.1181
(OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1)
N350 G0 X2.9399 Z0.0998
N355 G50 S3000
N360 G96 S810
N365 G0 X2.9399 Z0.0998 M8
N370 X0.4629
N375 G1 X0.7643 Z-0.0509 F0.01
N380 G3 X0.7874 Z-0.0787 R0.0394 F0.
N385 G1 Z-3.7008 F0.01
N390 X2.4409
N395 G3 X2.4966 Z-3.7123 R0.0394 F0.
N400 G1 X2.536 Z-3.732
N405 G3 X2.5591 Z-3.7598 R0.0394
N410 G1 Z-5.8268 F0.01
N415 X2.7818 Z-5.7154
N420 G0 X2.9399
N425 G28 U0
N430 G28 W0
N435 M30
%

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

до кваліфікаційної магістерської роботи

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічної підготовки
виробництва деталі «вал-шестерня» шестеренчастого насосу на базі
обладнання з ЧПК із використанням САД/САЕ технологій

Виконав:
магістрант групи
ЗПМ-23м

(підпис)

Ігнацевич В.С.

Керівник КМР

(підпис)

к.ф.-м.н., доц., ст.викл.
Кравцова Д.Ю.

Нормоконтроль

(підпис)

к.т.н., доц. Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доц. Рязанцев А.О.

2024 p.