

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталі «Вал» насоса окиснювача з використанням обладнання з ЧПК та CAD/CAE/CAM технологій

Виконав: здобувач
групи ПМ-21
Кепша В.В.
Керівник випускної роботи:
к.т.н., доцент
Бондар О.В.

Кривий Ріг
2025 р.

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ**

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталі «Вал» насоса окиснювача з використанням обладнання з ЧПК та CAD/CAE/CAM технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Кепша В.В.

Керівник КБР

(підпис)

Бондар О.В.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

м. Кривий Ріг
2025 р.

ВІДОМІСТЬ МАТЕРІАЛІВ КБР

№	Формат	Позначення	Найменування	К-сть листів	Прим.
			<u>Документація</u>		
1	A4	КНУ.КБР.131.25.1-10.ПЗ	Пояснювальна записка	48	
			<u>Графічні матеріали</u>		
2	A1	КНУ.КБР.131.25.1-10.НО	Насос окиснювача (складальне креслення)	1	
3	A3	КНУ.КБР.131.25.1-10.В	Вал	1	
4	A3	КНУ.КБР.131.25.1-10.ВЗ	Вал (заготовка)	1	
5	A1	КНУ.КБР.131.25.1- 10.СЗТО	Структура та зміст технологічних операцій	2	
6	A1	КНУ.КБР.131.25.1-10.РТК	Розрахунково- технологічна карта	1	
7	A1	КНУ.КБР.131.25.1-10.АПР	Аналіз ефективності проектних рішень	1	

					КНУ.КБР.131.25.1-10.ВМКБР											
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Відомість матеріалів КБР						Літ.		Арк.	Аркушів		
Разроб.		Кепша														
Перевір.		Бандар														
											Кафедра ТМ гр. ПМ-21					
Н. контр.		Нечасів														
Затверд.		Рязанцев														

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Характеристика і службове призначення вузла і деталей.....	8
1.2 Аналіз параметрів точності деталі.....	9
1.3 Вибір матеріалу	10
1.4 Режим роботи цеху.....	11
1.5 Характеристика виробничої програми та визначення типу виробництва	13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1 Аналіз технологічності складального вузла й деталей	16
2.1.1 Аналіз технологічності вузла.....	16
2.1.2 Аналіз технологічності вала.....	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу вала.....	18
2.3 Аналіз методів одержання заготовок	18
2.4 Розроблення маршрутів виготовлення деталей	20
2.5 Вибір схем базування при обробці	22
2.6 Вибір металорізальних верстатів, верстатних пристроїв, режимів різання....	25
2.7 Технічне нормування операцій	28
2.8 Програмування операцій у САМ-системі.....	30
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Дизайн випробування вала у SolidWorks Simulation	32
3.2 Інтерпретація результатів отриманих у SolidWorks Simulation	34
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	39
4.1 Охорона праці та екологія виробництва	39
4.1.1 Небезпеки на виробництві.....	39
4.1.2 Заходи для мінімізації ризиків отримання травм	40
4.1.3 Екологія машинобудівного виробництва	42
4.2 Економічний ефект виробництва вала	44
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50
ДОДАТОК А.....	53

					КНУ.КБР.131.25.1-10.3					
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						
Розроб.		Кепша			Зміст			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бандар								
Н. контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затверд.		Рязанцев								

РЕФЕРАТ

У пояснювальній записці до кваліфікаційної бакалаврської роботи викладено результати проєкту, що охоплює 52 сторінки тексту, проілюстрований 21 рисунком, 13 таблицями та 6 аркушами графічної частини.

Головною метою дослідження є модернізація технологічного процесу обробки шляхом заміни застарілого універсального обладнання на сучасні високотехнологічні верстати з числовим програмним керуванням, що дає змогу підвищити продуктивність виготовлення. Крім того, у межах роботи проведено технічний аналіз деталі типу «вал» з урахуванням її експлуатаційних навантажень, що дозволило оцінити її працездатність і стійкість у критичних умовах.

Перший розділ присвячений загальній характеристиці об'єкта дослідження — описано саму деталь, її функціональне призначення, вузол, у якому вона працює, технічні параметри та обґрунтовано вибір матеріалу.

У другому розділі представлено розробку технологічного процесу виготовлення вала з урахуванням умов серійного виробництва на верстатах з ЧПК, що відповідає сучасним вимогам автоматизації та гнучкості обробки.

У третьому розділі виконано комп'ютерне моделювання навантажень із використанням модуля SolidWorks Simulation. Проведено статичний аналіз роботи деталі у режимі дії силових навантажень, побудовано епюри напружень і деформацій, а також надано висновки та рекомендації.

Четвертий розділ зосереджено на питаннях охорони праці та безпеки на виробництві. Окрім цього, здійснено розрахунок економічної доцільності впровадженого технологічного рішення.

НАСОСНИЙ ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНА ОБРОБКА, SOLIDWORKS SIMULATION, ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.Р								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Кепша			Реферат				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар											
Н. Контр.		Нечаєв			Кафедра ТМ гр. ПМ-21								
Затверд.		Рязанцев											

ABSTRACT

The explanatory note to the bachelor's qualification project presents the results of a study documented across 52 pages of text, supplemented by 21 figures, 13 tables, and 6 sheets of graphical content.

The primary objective of the project is the modernization of the machining process through the replacement of outdated conventional equipment with modern high-technology CNC (Computer Numerical Control) machines. This upgrade aims to improve manufacturing productivity and process efficiency. In addition, the project includes a technical assessment of a shaft-type part, taking into account operational load conditions, enabling an evaluation of its performance and structural reliability under critical operating scenarios.

The first chapter provides a general description of the studied part — including its functional purpose, the assembly in which it operates, its technical specifications, and a justification for the selected material.

The second chapter outlines the development of the manufacturing process for the shaft, tailored to the conditions of batch production using CNC equipment, in accordance with modern standards of automation and flexible machining.

The third chapter features computational load modeling using the SolidWorks Simulation CAE module. A static structural analysis was conducted under applied force conditions, with resulting stress and strain distributions visualized through plots. Conclusions and recommendations for potential design improvements are also presented.

The fourth chapter addresses occupational health and industrial safety considerations relevant to the production environment. Additionally, an economic analysis of the proposed technological solution was carried out to assess its cost-effectiveness.

PUMP SHAFT, MACHINING PROCESS, SOLIDWORKS SIMULATION,
INDUSTRIAL SAFETY, ECONOMIC EFFICIENCY.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-10.Р</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудівна галузь є основою національного господарства, оскільки забезпечує технічні засоби для функціонування практично всіх сфер економіки — від добувної промисловості до високотехнологічного виробництва. Її роль особливо помітна в міжгалузевій взаємодії, де вона виступає центральною ланкою, що з'єднує потреби інших галузей із можливостями технічного забезпечення. Саме завдяки науково-технічному прогресу у сфері машинобудування стає можливим впровадження нових технологій, удосконалення методів обробки матеріалів, розвиток інструментальних систем і використання сучасного виробничого обладнання.

Сьогодні технічні рішення передбачають активне застосування автоматизованих та механізованих систем, що дозволяє не лише оптимізувати виробничі процеси, а й значно підвищити продуктивність праці, знизити залежність від ручної праці та покращити економічні показники підприємств. Таким чином, технологічне оновлення в машинобудуванні стає вирішальним чинником у забезпеченні конкурентоспроможності економіки, особливо в умовах глобального ринку. Усе це актуально і для України, де машинобудування, попри складні економічні умови та нестачу інвестицій, продовжує відігравати важливу роль у розвитку національного виробництва та експортного потенціалу.

Технологія машинобудування, як прикладна наукова дисципліна, має свої унікальні риси: вона виникла у відповідь на запити індустріального розвитку, що зумовило її практичну орієнтацію та тісний зв'язок із реальними виробничими завданнями. Водночас її теоретична база базується на механіці, матеріалознавстві, термодинаміці, а також на сучасних досягненнях в інформаційних технологіях, автоматизації й управлінні. Це комплексна інженерна дисципліна, що інтегрує різноманітні наукові знання, дозволяючи ефективно розв'язувати завдання,

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-10.В</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Кепша</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар</i>						
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>						

<i>Вступ</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
			<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-21</i>		

пов'язані зі створенням, удосконаленням і впровадженням виробничих процесів. Попри відносну молодість як наукової галузі, технологія машинобудування стрімко розвивається завдяки постійним технічним інноваціям та оновленню виробничої інфраструктури. Найскладнішим і найтрудомісткішим етапом виготовлення машин є механічна обробка деталей на металорізальних верстатах. Цей процес вимагає не лише високоточного обладнання, а й правильного вибору режимів різання, інструментів і оснастки, що дозволяють досягти необхідної точності та якості поверхні. Ефективна організація механічної обробки суттєво впливає на продуктивність і економічну доцільність усього виробничого процесу. Для України розвиток саме цієї ланки машинобудування має особливе значення, оскільки вона здатна стати драйвером відновлення вітчизняної промисловості, створення робочих місць та зміцнення технологічного суверенітету.

Системи автоматизованого проєктування, зокрема CAD та CAE, стали невід'ємною частиною сучасного конструкторсько-технологічного забезпечення, особливо в межах діяльності конструкторських бюро, де точність, швидкість і ефективність розробки мають критичне значення. Їх використання дає змогу значно скоротити час створення проєктної та технологічної документації, покращити якість технічних рішень, досягти більшого ступеня уніфікації й стандартизації та зменшити вплив людського фактора. У машинобудуванні ці програмні комплекси широко застосовуються для побудови геометричних моделей, аналізу механічних характеристик виробів, оцінки їх міцності, динаміки, термонавантаження та інших критичних параметрів, що має вирішальне значення при розробці, валідації та оптимізації технічних рішень.

Завдяки цифровій безперервності даних між різними етапами розробки — від ідеї до готового виробу — значно зменшується кількість помилок, поліпшується взаємодія між різними відділами підприємства і зростає загальна ефективність виробничого процесу. У контексті машинобудування в Україні, де підприємства поступово адаптуються до цифрових інструментів, впровадження САПР є одним з ключових кроків до підвищення їхньої конкурентоспроможності, зниження виробничих витрат і виходу на нові ринки.

					КНУ.МВР.131.25.1-10.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

У межах дипломного проекту розглядається створення технологічного процесу виготовлення вала, де особливу увагу слід приділити не лише конструктивним аспектам, а й технологічним умовам виробництва, які безпосередньо впливають на експлуатаційні характеристики виробу. Проектування передбачає обґрунтований вибір технологічного маршруту, обладнання, оснащення і методу отримання заготовки, що має базуватись на техніко-економічному аналізі та враховувати вимоги безпеки праці. Такий системний підхід дозволяє не лише забезпечити технічну досконалість майбутнього виробу, а й оптимізувати виробничі витрати, покращити організацію процесів і зробити вагомий внесок у розвиток інженерної культури на українських машинобудівних підприємствах.

					КНУ.МВР.131.25.1-10.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Характеристика і службове призначення вузла і деталей

Розглядається відцентровий насос окиснювача, який має два каскади з окремими валами; кожен каскад включає шнек і відцентрову крильчатку, а також обладнаний вхідним і вихідним патрубком. Привід каскаду низького тиску, що виконує функцію преднасоса і містить шнек та крильчатку, реалізовано за допомогою гідравлічної турбіни, розміщеної між попередньо встановленим шнеком і крильчаткою каскаду високого тиску. Шнек закріплений у циліндричному виступі покривного диска крильчатки за допомогою кільцевої обичайки, яка його охоплює. Під час роботи турбонасосного агрегату азотна кислота надходить через вхідний патрубок до насоса, проходить через шнек каскаду низького тиску, далі — до крильчатки, з якої через канали литого корпусу подається до шнека каскаду високого тиску, а звідти — до його крильчатки. Між шнеком і крильчаткою розташована гідравлічна турбіна, яка обертається завдяки потоку кислоти і передає обертання валу каскаду низького тиску. Турбіна також приводить у рух шнек і крильчатку каскаду високого тиску. Частота обертання ротора преднасоса менша за частоту обертання ротора насоса високого тиску, що досягається завдяки відповідному вибору параметрів гідравлічної турбіни, і це дозволяє покращити антикавітаційні властивості насоса. Використання гідравлічної турбіни як приводу каскаду низького тиску дало змогу значно зменшити габарити та масу агрегату, а також спростити його конструкцію порівняно з двокаскадним насосом, оснащеним зубчастим редуктором. Для зменшення розміру та кількості сторонніх часток, які можуть спричинити займання в газовому тракті турбіни або пошкодити деталі насоса, насамперед шнек преднасоса, на вході в двигун встановлюється фільтр.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Кепша			Загальна частина				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар											
Н. контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											
					Кафедра ТМ гр. ПМ-21								

1.2 Аналіз параметрів точності деталі

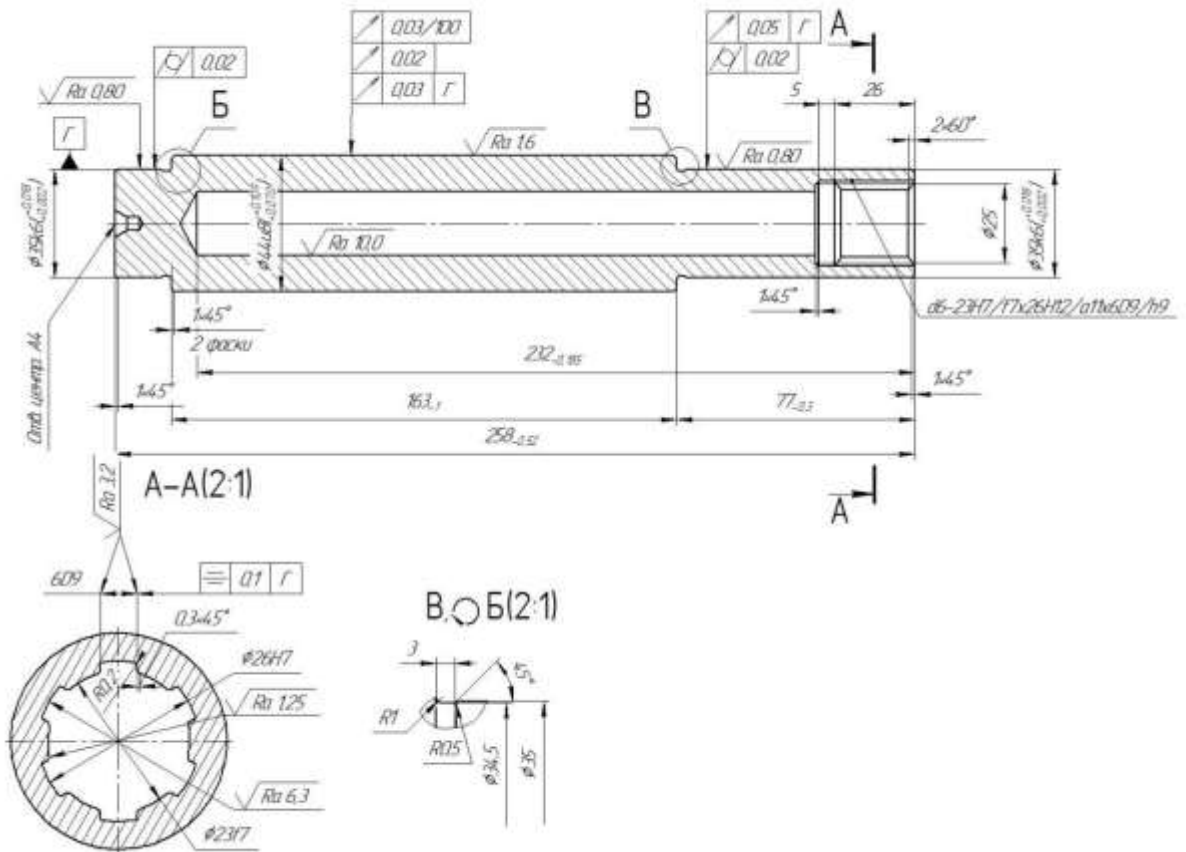


Рисунок 1.1 – Ескіз вала

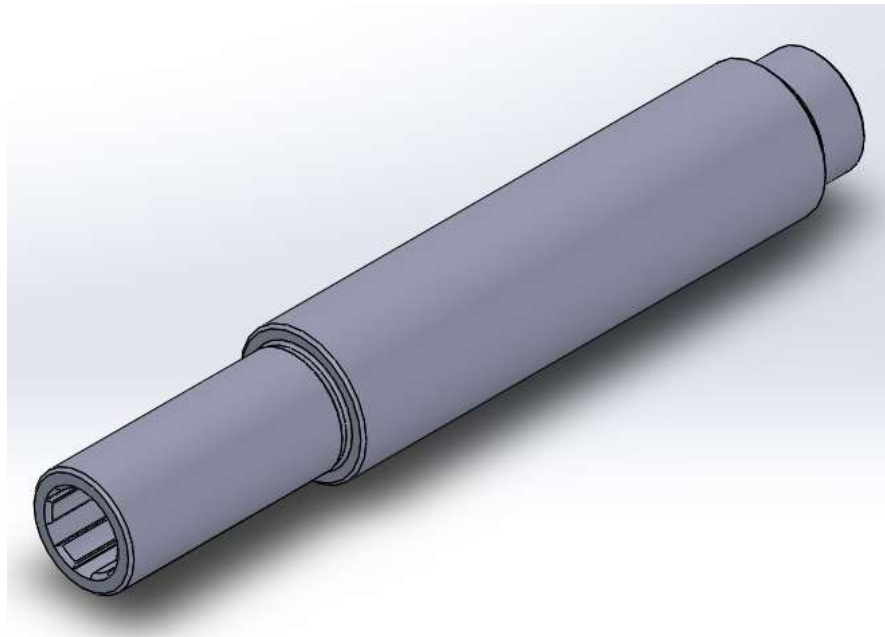


Рисунок 1.2 – 3D-модель вала

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Під час визначення параметрів точності деталей слід заповнити таблицю 1.1, де вказано відомості щодо допусків на виготовлення вала та встановлених до нього вимог точності.

Таблиця 1.1 – Відомості про точнісні параметри вала

№ пов ерх ні дет алі	Назва	Розміри з граничними відхиленнями	Ква літе т точн ості	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткіс ть, Ra
1	2	3	4	5	6	7
1	Опорна шийка	$\phi 35^{+0,018}_{+0,002}$	k6	$\sqrt{0,02}$	$\sqrt{0,008}$ Г	0,80
2	Поверхня під колесо та шнек	$\phi 44^{-0,080}_{-0,142}$	d9	$\sqrt{0,02}$	$\sqrt{0,032}$ Г	5,0
1	2	3	4	5	6	7
3	Опорна шийка	$\phi 35^{+0,018}_{+0,002}$	k6	$\sqrt{0,02}$	$\sqrt{0,008}$ Г	0,80
4	Отвір	$\phi 20^{+0,021}$	H12	-	-	6,3
5	Шліцевий паз	$6^{+0,012}$			$\equiv 0,006$ B	3,2

Висновок: вказана точність розмірів і шорсткість відповідають службовому призначенню вала.

1.3 Вибір матеріалу

При виготовленні вала даного вузла застосовуються корозійностійка сталь X8CrNi25-21 ДСТУ EN 10088-1:2008.

Хімічний склад та властивості матеріалу наведені нижче в таблицях 1.2, 1.3.

У маркуванні сталі X8CrNi25-21 літера "X" означає, що сталь має високий вміст легувальних елементів, тобто є високолегованою сталлю.

Це позначення відповідає європейському стандарту EN 10027-1. Згідно з цим стандартом: "X" ставлять перед маркою, якщо вміст легувальних елементів

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

(наприклад, хрому, нікелю, молібдену тощо) перевищує 5% загальної маси. Число після X (у цьому випадку 8) вказує на середній вміст вуглецю в сотих частках відсотка (тобто 0,08% C). Далі йдуть символи легувальних елементів: CrNi — хром і нікель; 25-21 — приблизно 25% Cr і 21% Ni.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу вала

Матеріал	Масова частка хімічних елементів, %							
	C	Si	Mn	N	Ni	Cr	P	S
X8CrNi25-21	≤0,10	≤1,50	≤2	≤0,11	19,0-22,0	24,0-26,0	≤0,045	≤0,015

Таблиця 1.3 – Механічні властивості матеріалу вала

Матеріал	Механічні властивості матеріалу вала при 20°C						
	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %	ψ , %	Термічна обробка	Зварюваність	$E \cdot 10^{-5}$, МПа
X8CrNi25-21	490	196	35	50	Гартування 1100 - 1150°C, повітря	Обмежено зварювана	2,04

Отже, X8CrNi25-21 — це високолегована аустенітна нержавіюча сталь із приблизно 0,08% вуглецю, 25% хрому та 21% нікелю.

1.4 Режим роботи цеху

Визначення режиму роботи цеху передбачає встановлення кількості змін, а також розрахунок фактичного річного фонду часу для обладнання й персоналу. Залежно від обраного режиму роботи визначають ефективні річні фонди часу для окремих груп обладнання та категорій працівників.

Ефективний річний фонд часу роботи одного верстата при п'ятиденному робочому тижні обчислюється за такою формулою:

$$F_{д.в.} = [(366 - N_{в.д.} - N_{с.д.}) \cdot 8.2 - N_{п.с.д.} \cdot 1] \cdot z \cdot k_p; \quad (1.1)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34		Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата			

де, $N_{В.Д.} = 105$ – к-ть вих. днів; $N_{С.Д.} = 10$ – к-ть святк. днів; $N_{П.С.Д.} = 7$ – к-сть передсвятк. днів; $z = 2$ – к-сть змін роботи верстата; $k_p = 0,95$ – коеф. часу стану верстата в ремонті.

При обчисленні у формулі (1) отримаємо:

$$F_{Д.В.} = [(366 - 105 - 10)8.2 - 7 \cdot 1] \cdot 2 \cdot 0,95 = 3897,28 \text{ год};$$

Приймаємо $F_{Д.В.} = 3900$ год.

Ефективний річний фонд часу роботи верстатника розраховується за формулою:

$$F_{Д.В.} = [(366 - N_{В.Д.} - N_{С.Д.})8.2 - N_{П.С.Д.} \cdot 1] \cdot k_n; \quad (1.2)$$

де k_n – коефіцієнт, який враховує використання фонду часу через неявку на роботу.

$$k_n = \frac{100 - C_n}{100}; \quad (1.3)$$

де $C_n = 9 \dots 12\%$ (відпустки – 5%; захворювання – 2%, державні і суспільні обов’язки – 0,5%, учнівські відпустки – 1%, перерви матеріалів для годування дітей – 0,5%). В розрахунках приймаємо $C_n = 10\%$.

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

після підстановки значень у формулу 2 отримаємо:

$$F_{Д.В.} = [(366 - 105 - 10)8.2 - 7 \cdot 1] \cdot 0,9 = 1846,08 \text{ год};$$

Приймаємо $F_{Д.В.} = 1850$ год.

Таблиця 1.4 – Дійсні річні фонди часу

Назва	Змінність праці	Номінальний річний фонд часу, год.	Коефіцієнт простою обладнання в ремонті	Тривалість відпустки	Дійсні річні фонди часу
Обладнання	2	4150	0,95	-	3900
Робочі місця	2	4150	-	-	4150
Робітники	1	2060	-	24	1850

1.5 Характеристика виробничої програми та визначення типу виробництва

Однією з ключових відмінностей серійного виробництва, що водночас є його головною техніко-економічною перевагою над одиничним, є одночасний запуск у виробництво цілої партії деталей. Такий підхід забезпечує стабільну повторюваність технологічних операцій, що, у свою чергу, дає змогу широко використовувати спеціалізовану оснастку, пристрої, а також ріжучий і вимірювальний інструмент. Це значно підвищує продуктивність праці, знижує трудомісткість виготовлення деталей і дає змогу досягти більшої точності обробки.

Організація технологічного процесу у виробництві залежить від низки чинників: встановленого порядку виконання операцій, розміщення технологічного обладнання, обсягу виготовлення продукції та схеми переміщення заготовок між робочими місцями. У промисловості найпоширенішими є дві основні форми організації технологічного процесу: групова та потокова.

Групова форма організації характерна для виробів, що мають подібні конструктивно-технологічні ознаки. Робочі місця при цьому оснащуються універсальним або груповим оснащенням, що дозволяє обробляти кілька типорозмірів деталей на одному обладнанні. Ця форма дає змогу досягти певного ступеня спеціалізації без потреби в повному переобладнанні цеху при зміні номенклатури продукції.

Потокова організація технологічного процесу передбачає розміщення обладнання та робочих місць у суворій відповідності до послідовності виконання операцій, що забезпечує ритмічність і синхронність виробничого циклу. Такий підхід дозволяє максимально автоматизувати і механізувати процес, що особливо ефективно в умовах великосерійного або масового виробництва. В залежності від номенклатури продукції поточкові лінії поділяються на однономенклатурні та багатнономенклатурні. Перші орієнтовані на випуск виробів одного найменування, причому можуть бути як однопотоковими (виготовлення одного об'єкта на кожній операції), так і багатопотоковими (паралельне виготовлення кількох

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

об'єктів одного типу). Багатономенклатурна потокова лінія забезпечує обробку груп виробів різних найменувань за спільною технологією.

За характером переміщення деталей поточкові лінії класифікуються на безперервні (з фіксованим тактом і одночасним переміщенням усіх виробів) і переривчасті (де кожен виріб просувається далі тільки після завершення операції на попередній позиції).

Проектування механоскладальних цехів завжди ґрунтується на подетальній виробничій програмі, сформованій відповідно до загального плану випуску продукції підприємства. У такій програмі зазначаються всі найменування деталей, що підлягають обробці в цеху, обсяги їх виробництва, матеріали, з яких вони виготовляються, а також їх маса — як чорнова, так і чистова.

У випадку проектування за точною виробничою програмою необхідна повна розробка технології виготовлення кожної деталі, включно зі складанням подетальних технологічних карт і нормуванням витрат часу на кожну операцію. Це дуже трудомісткий процес, який потребує значних ресурсів, тому в межах дипломного проєкту зазвичай детально опрацьовують лише декілька характерних (типових) деталей, а решта враховується за допомогою узагальнених нормативів.

Як приклад, припустимо, що за результатами маркетингового аналізу виявлено потребу ринку у 5000 насосах певної моделі на рік. У такому випадку планування потоку й запуску у виробництво здійснюється на стабільній основі, з орієнтацією на тривалий виробничий цикл. Для правильного планування розмірів цеху та необхідних ресурсів важливо чітко розуміти структуру програми запуску, а також розрахувати річну потребу у вузлах та деталях, які збираються на потоковій лінії.

Обчислимо програму запуску:

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

де $N_{\text{вип}}$ - річна програма випуску деталей, тис. од; $N_{\text{зч}}$ - к-сть деталей, які йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од; $k_{\text{бр}}$ - коефіцієнт який враховує технологічні витрати, що неможливо уникнути;

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

приймаємо рівним 2 – 3% від суми к-сті деталей, які формують програму випуску та які йдуть на запчастини.

$$N_{\text{зап}} = (5000 + 0,03) \cdot (1 + 0,03) = 5030 \text{ шт.}$$

Тип виробництва – малосерійне.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності складального вузла й деталей

2.1.1 Аналіз технологічності вузла

Конструкція відцентрового насоса для подачі азотної кислоти є раціональною й адаптованою до умов експлуатації у складі ракетної двигунної установки. Насос складається з відносно невеликої кількості деталей, з яких частина — стандартні вироби (підшипники, манжети, кріпильні елементи), а основні — спеціалізовані, виготовлені під конкретні експлуатаційні навантаження.

Конструкція насоса передбачає можливість швидкого й послідовного складання без складних підгінних операцій, оскільки забезпечена достатня точність виготовлення елементів. Базові поверхні оброблені з необхідною точністю, що гарантує стабільне базування складальних одиниць та збереження геометричної відповідності при роботі. Функціональні поверхні, зокрема ті, що забезпечують обертання робочого колеса, оброблені відповідно до вимог, що забезпечує надійне функціонування усього вузла.

Враховуючи малий ресурс насоса, технічне обслуговування та ремонт у процесі експлуатації не передбачені, а конструкція орієнтована на одноразове використання з максимальною надійністю. Компонівка дає змогу здійснювати повузлове складання без проміжних демонтажів, а контроль працездатності виконується за зовнішніми параметрами без розбирання агрегату.

У підсумку, конструкція насоса є технологічною, простою у складанні, зручною для серійного виготовлення, та відповідає технічним вимогам, які ставляться до вузлів одноразового призначення у ракетно-космічній техніці.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ									
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата										
Разроб.		Кепша			Технологічна частина				Літ.		Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар												
Н. контр.		Нечаєв							Кафедра ТМ гр. ПМ-21					
Затверд.		Рязанцев												

2.1.2 Аналіз технологічності вала

Під час аналізу креслення було встановлено, що конструкція деталі загалом відповідає вимогам серійного виробництва. Це зумовлено тим, що витрати на налаштування обладнання є незначними порівняно з очікуваною економією матеріалу та зменшенням тривалості виготовлення. Такий підхід забезпечує раціональне використання виробничих ресурсів і сприяє підвищенню ефективності обробки.

Підсумкові результати аналізу технологічності деталі наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності деталі вал

№ п/п	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам	Заходи щодо поліпшення технологічності
1	Наявність центруючі отворів для базування при обробці	Центрувальних отворів на деталі немає, отже, дана умова не виконується	Необхідно виконати центруючі отвори
2	Наявність глухих отворів	Деталь має один глухий отвір. Отвір виконано для полегшення ваги деталі	-
3	Наявність отворів глибиною більше 8d	Деталь має глухий отвір глибиною 11d.	Необхідно зменшити глибину отвору
4	Наявність отворів, не перпендикулярних поверхні	Таких отворів в деталі немає	-
5	Наявність в конструкції деталі, різьби, меншої М6	Деталь немає різьбових частин взагалі	-
6	Чи від однієї бази проставлені розміри	Так, розміри проставлені від однієї бази	-
7		Чи мають зовнішні поверхні деталі відкриту форму, для можливості обробки в напрямку подачі	Так, зовнішні поверхні деталі мають відкриту поверхню

Аналіз даних, наведених у таблиці, дозволяє зробити висновок, що деталь у переважній більшості параметрів відповідає вимогам технологічності для умов

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.Т4	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

автоматизованого серійного виробництва. Її конструкція сприяє ефективній обробці на обладнанні з числовим програмним керуванням, що забезпечує мінімізацію витрат часу на переналагодження та стабільну якість виготовлення.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу вала

Вал виготовляють з вальцівки $\varnothing 48 \times 160$. Виготовлення вала з вальцівки вимагає значних припусків на механічну обробку. Хоча даний метод дешевий, але наступна механічна обробка значних затрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому мною запропоновано отримувати заготовку методом кування на горизонтально кувальній машині (ГКМ).

Оскільки припуск, що знімається зменшився, то відпадає необхідність у деяких операціях механічної обробки, а це в свою чергу зменшує кількість верстатів для механічної обробки вала.

2.3 Аналіз методів одержання заготовок

Заготовку для вала будемо отримувати на ГКМ. Для порівняння розглянемо два методи виготовлення заготовок: вільне кування та кування на ГКМ.

Особливістю ГКМ є наявність у їхній конструкції кривошипно-шатунного механізму та двох площин рознімання штампа: одна розміщується безпосередньо в матриці, інша — між матрицею та пуансоном. Конструкція рознімної матриці дозволяє надійно фіксувати заготовки різної форми, що дає можливість уникнути застосування штампувальних ухилів і утворення облоя. Такі машини широко використовуються для виготовлення кованок, які не потребують деформування по всій довжині або потребують лише остаточного формоутворення після обробки на іншому обладнанні. Наприклад, ГКМ ефективні для операцій висаджування фланців на колінчастих чи багатоступеневих валах. Кованки на цих машинах отримують з прокату або окремих заготовок за один або декілька переходів, а при потребі — з потовщенням на обох кінцях. Штампи для ГКМ складаються з

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

матриці та пуансона, причому затискні рівчаки мають овальний перетин або рифлену поверхню, що забезпечує надійне утримання заготовки під час штампування. Пуансони можуть бути формувальними, пробивальними, прошивальними чи обрізувальними, а за конструкцією — як суцільними, так і складаними. До основних переваг ГKM належать висока продуктивність, можливість виготовлення кованок складної геометрії без штампувальних ухилів і з отворами без перемичок, а також добра сумісність із системами автоматизації. Наприклад, машини з горизонтальною площиною рознімання матриці добре поєднуються з автоматичними маніпуляторами, що дає змогу створювати на їх основі гнучкі автоматизовані виробничі комплекси. Водночас до недоліків штампування на ГKM належать обмеження у формах виробів, переважно до тіл обертання, необхідність використання точного прокату як вихідної заготовки, а також збільшені витрати матеріалу через потребу у хвостовиках для фіксації заготовки в матриці.

Кованки, виготовлені методом вільного кування, переважно застосовуються в умовах одиничного та дрібносерійного виробництва, а також у серійному — коли йдеться про кованки значних розмірів і маси. Цим способом, наприклад, отримують заготовки для великих колінчастих, кулачкових і східчастих валів, які використовуються в двигунах внутрішнього згоряння та компресорних установках. У багатосерійному й масовому виробництві такі вали зазвичай виготовляють складаними, при цьому їхні складові частини отримують методами вальцювання, гарячого штампування або періодичного прокатування. Вільне кування також використовують для виготовлення заготовок деталей дискового типу, з яких у подальшому формують зубчасті колеса для компресорів, а також для виробництва заготовок шатунів, коромисел, важелів, балок і мостів, що надалі піддаються обробці тисненням.

Визначимо вартість заготовки отриманої ОМТ визначимо за формулою:

$$C = Q_{\text{заг}} \cdot \frac{S_{\text{заг}}}{1000} - (Q_{\text{заг}} - q_{\text{дет}}) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}; \quad (2.1)$$

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.Т4	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

де, $Q_{\text{заг}}$ - маса заготовки; $S_{\text{заг}}$ – вартість матеріалу грн./тону; $S_{\text{відх}}$ – вартість відходів грн./ тону; $q_{\text{дет}}$ – маса готової деталі.

Визначимо собівартість заготовки виготовленої на ГKM за формулою (2.1):

$$C_{\text{ГKM}} = 3,2 \cdot \frac{25200}{1000} - (3,2 - 2,5) \cdot \frac{6225}{1000} = 76,28, \text{ грн / шт};$$

Для визначення собівартості заготовки виготовленої методом кування, підставимо у формулу (2.1) значення маси заготовки:

$$C_{\text{в.к.}} = 3,53 \cdot \frac{25200}{1000} - (3,53 - 2,5) \cdot \frac{6225}{1000} = 81,59, \text{ грн / шт};$$

В результаті розрахунків визначено, що в умовах малосерійного виробництва доцільніше використовувати метод виготовлення заготовок на ГKM.

2.4 Розроблення маршрутів виготовлення деталей

Побудова маршруту обробки деталі здійснюється з урахуванням вибраних варіантів обробки окремих поверхонь, особливостей типу виробництва, прийнятих схем базування, а також технічних можливостей наявного металорізального обладнання. Технологічний маршрут подається у формі таблиці, в якій відображається послідовність виконання операцій із коротким описом змісту кожної з них.

У таблиці 2.2 представлено маршрут обробки вала, при цьому ескізи окремих операцій не наводяться.

Таблиця 2.2 – Маршрут технологічних операцій обробки вала (розроблений)

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005	Механічна пила мод. HDT – 300 S	Відрізання сортового прокату Ø48 ДСТУ 8608:2015 L=160 _{-1,6} мм
010	Горизонтально кувальна машина, мод. ВБ 1134	Штампувати заготовку на ГKM, витримуючи розміри згідно креслення

015	Піч муфельна мод. СН35.10.3/9	Покращення. Нагрів протягом 150 хв до t 680°C, витримка в печі в нейтральній атмосфері 20 хв, охолодження в масляній ванні.
020	Верстат фрезерно-центрувальний мод. МР5261, призми	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Підрізати торець витримуючи розмір $l = 75$ мм. 2. Підрізати торець витримуючи розмір $l = 258$ мм. 3. Центрувати отвори , з обох сторін одночасно.
025	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16K20, патрон трьохкулачковий, центр, що обертається А-4-4Н згідно стандарту	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Точити торець 2 витримуючи розмір $l = 18$ мм. 2. Точити поверхню 1 напівчисто, витримуючи розмір $\varnothing 36,4$ мм. Точити фаску витримуючи розміри $\varnothing 36,4$, $\varnothing 33,8$, 1 мм. Точити канавку. 3. Точити поверхню 1 начисто.
030	Токарно – гвинторізний верстат мод. 16K20T1, патрон трьохкулачковий, центр, що обертається А-4-4Н згідно стандарту	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Точити поверхні 1, 2, 3 напівчисто, згідно програми витримуючи розміри відповідно $\varnothing 36,4$, $77, \varnothing 46,4$, 240 мм. Точити фаски витримуючи розміри $\varnothing 36,4$, $\varnothing 33,8$, 1, $\varnothing 44$, $\varnothing 42$ мм . 3. Точити канавку. 4. Точити поверхню 1 начисто
035	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16K20T1, патрон трьохкулачковий, центр, що обертається А-4-4Н згідно стандарту	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Свердлити отвір 1. 2. Розточити отвір 2 напівчисто витримуючи розміри, $\varnothing 22,4$, $\varnothing 32$ мм .Точити фаски витримуючи розміри. 3. Розточити отвір 2 начисто.
040	СНЗ 5.10.3/9 - піч муфельна токарно гвинторізний верстат 16K20, центра торцеві, ролик накочувальний згідно стандарту	1. Нагрів до t 1100° С, витримка в печі, охолодження в холодній воді. 2. Зміцнити поверхні 1, 2 поверхневим наклепом, методом обкатки роликами.
045	Вертикально-протягувальний верстат мод. 7A733	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Прошити шліцевий отвір 1, напівчисто. 2. Прошити шліцевий отвір 1.
050	Круглошліфувальний верстат мод. 3M153A, центр, що обертається А-4-4Н згідно стандарту	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Шліфувати поверхню 1 начисто.
055	Круглошліфувальний верстат моделі 3M153A, центр, що обертається А-4-4Н згідно стандарту	Встановити, закріпити та зняти деталь. 1. Шліфувати поверхню 1 начисто.

060	Мийна машина Formula 750	1.Промити деталь розчином технічної кальційованої соди $t 60 \pm 5^{\circ} \text{ C}$. 2. Атмосферна сушка.
065	Стіл ВТК	Контролювати розміри деталі згідно креслення ДП.501МТ.04.01.004

2.5 Вибір схем базування при обробці

Одним із найважливіших і водночас найскладніших етапів при проектуванні технологічного процесу є визначення технологічних і вимірювальних баз. Від цього рішення значною мірою залежить досягнута точність розмірів, правильне взаємне розташування оброблюваних поверхонь, конструктивна складність пристроїв, різального та вимірювального інструменту, а також загальна продуктивність обробки заготовок. Визначення базових схем відбувається згідно з логікою виконання операцій, з дотриманням принципів єдності та сталості базування. При цьому враховуються робоче креслення деталі, технічні вимоги до її виготовлення, тип заготовки, стан її поверхонь і бажаний рівень автоматизації. До вибору баз на першій операції передують визначення тих поверхонь, які стануть основою для базування на подальших стадіях. Зазвичай це головні бази, від яких визначено більшість критичних розмірів і положення відповідальних поверхонь. Обираючи технологічні бази, слід керуватись певними міркуваннями: базові поверхні повинні мати просту геометричну форму і достатню довжину, заготовка повинна самостійно займати потрібне положення у пристрої під дією сили тяжіння, а самі базові поверхні мають бути очищеними, без залишків ливникової системи, слідів роз'ємів штампів чи інших дефектів, які могли б порушити точність базування. З точки зору експлуатаційної значущості деталі, чорнові бази бажано обирати з найбільш відповідальних поверхонь, що забезпечить рівномірні припуски і стабільну якість після остаточної обробки. Після завершення першої операції технологічні бази необхідно змінити, оскільки повторне використання тих самих баз, як правило, є недопустимим. Крім того, вибрані бази повинні дозволяти за одну установку обробити якомога більше поверхонь. Саме на етапі розробки технологічного процесу вибір схеми базування набуває принципового

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

значення, оскільки від нього залежить якість поверхонь, точність геометрії та логічна послідовність усіх операцій. У нашому випадку визначення баз спиратиметься на аналіз креслення деталі.

В даному пункті якомога точно та зважено були вибрані технологічні бази для обробки вала. Вибрані схеми базування можна бачити в розроблених технологічних процесах.

Схеми базування використані при обробці деталі вал зображені на рис.2.1 – 2.7.

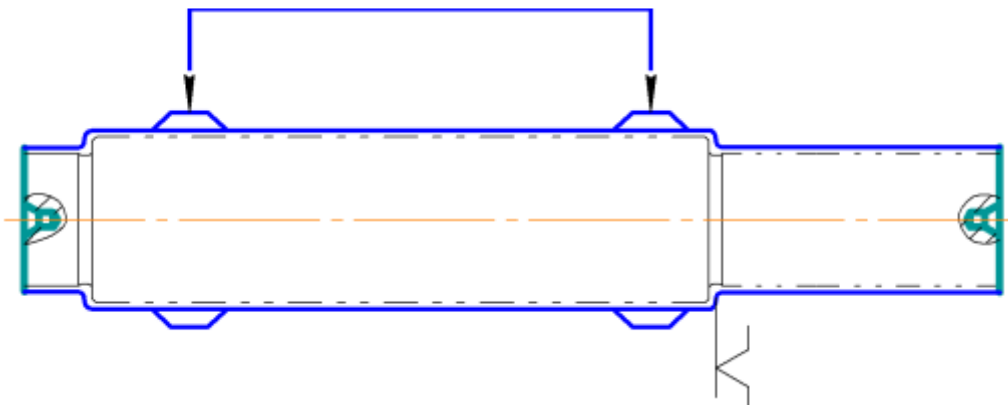


Рисунок 2.1 – Схема базування при обробці вала на операції 020 (фрезерно-центрувальна)

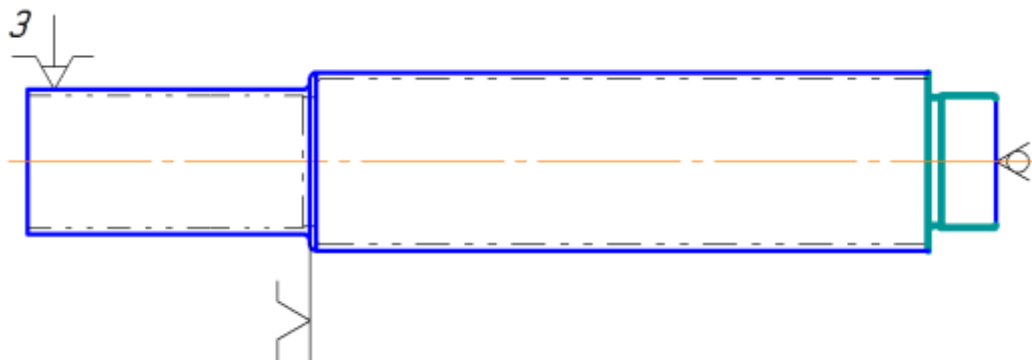


Рисунок 2.2 – Схема базування при обробці вала на операції 025 (токарна)

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		



Рисунок 2.3 – Схема базування при обробці вала на операції 030 (токарна)

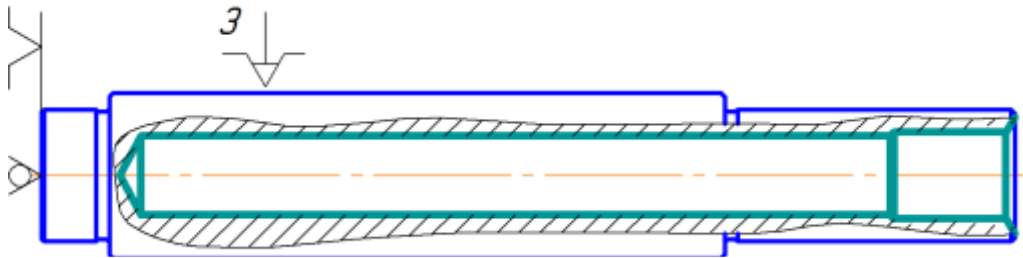


Рисунок 2.4 – Схема базування при обробці вала на операції 035
(токарно-свердлильна)

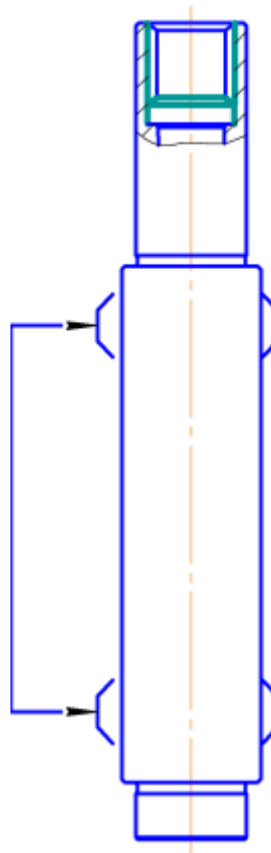


Рисунок 2.5 – Схема базування при обробці вала на операції 045 (прошивальна)

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

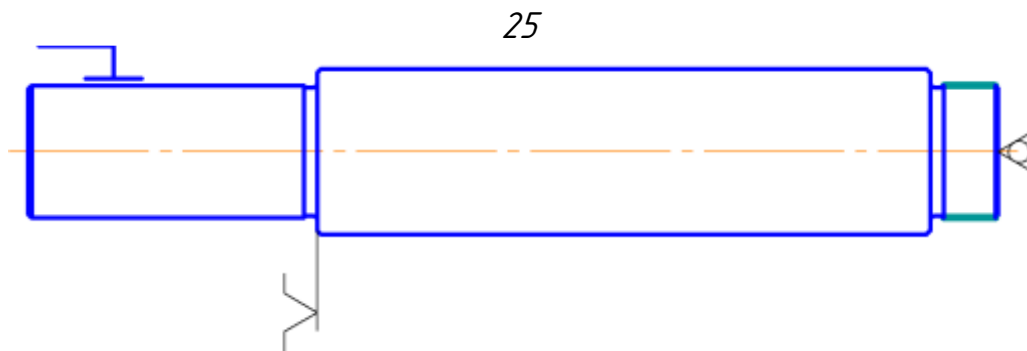


Рисунок 2.6 – Схема базування при обробці вала на операції 050
(круглошліфувальна)

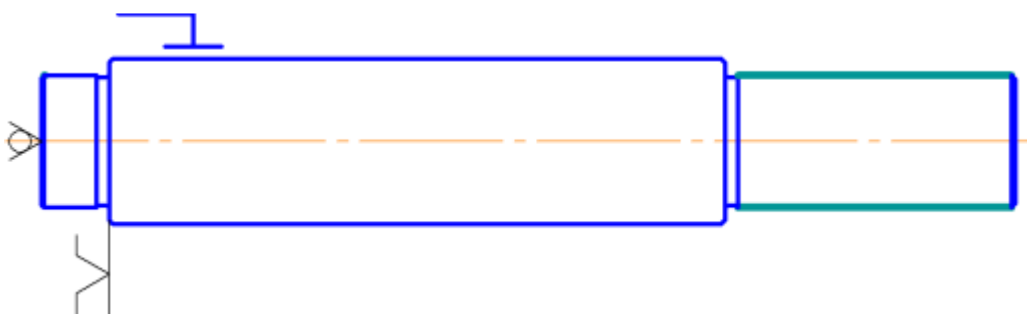


Рисунок 2.7 – Схема базування при обробці вала на операції 055
(круглошліфувальна)

2.6 Вибір металорізальних верстатів, верстатних пристроїв, режимів різання

Вибір технологічного обладнання має ґрунтуватися на всебічному аналізі витрат, пов'язаних із реалізацією технологічного процесу протягом усього життєвого циклу виробу, за умови забезпечення необхідного рівня якості продукції. У сучасних умовах серійного, дрібносерійного та одиничного виробництва найбільш доцільним рішенням є використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК). Вони поєднують функціональні переваги декількох типів обладнання: як автомати, працюють за заданими програмами, що забезпечує точність і стабільність обробки; як універсальні верстати, дозволяють швидко й гнучко переналагоджуватися на іншу продукцію. Завдяки цим властивостям верстати з ЧПК забезпечують високу продуктивність і економічну ефективність у різних умовах виробництва.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Вибране металорізальне обладнання для обробки вала заносимо до таблиць 2.3.

Таблиця 2.3 – Металорізальне обладнання для обробки деталі вал

№ операції	Назва і модель верстата	Діапазон частоти обертання шпинделя об/хв	Діапазон подачі мм/хв	Габаритні розміри мм	Маса верст. т	Потужність Електродвигуна головного привода, кВт	Максимальні розміри оброблюваної деталі, мм
1	2	3	4	5	6	7	8
015	Фрезерно-центрувальний мод. MP5261						
020	Токарно-гвинторізальний мод. 16K20	12,5х1600	Повздовжня 0,05-2,8 Поперечна 0,025х1,4	2812х1166х1324	2,14	10	50х640
025 030	Токарно гвинторізальний з ЧПК мод. 16K20T1	20х2500	Повздовжня 0,05-2,8 Поперечна 0,025х1,4	3700х22660х1650	4	11	55х1000
040	Вертикально протягувальний верстат мод. 7A733	1,5х13	-	4420х2480х3720	9,9	37	500х200
045 050	Круглошліфувальний верстат мод. 3M153A	30х1950	-	2210х1670х1800	4,2	5,5	140х500

Перевага при виборі верстатних пристосувань надається швидкодіючим варіантам, оскільки їх застосування дозволяє значно скоротити штучний час обробки деталей. Це сприяє підвищенню продуктивності та зниженню витрат на виготовлення. Перелік пристосувань, які використовуються для обробки деталі «вал», наведено в таблиці 2.4.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 – Затискні верстатні пристосування для обробки деталі вал

№ операції	Назва пристосування	Вид привода
1	2	5
015 045	Лещата верстатні	Пневматичний
025 030 035	Патрон триохкулачковий	Механічний
050 055	Патрон повідковий	Механічний
020 025	Центра	-
030 045 050	Центра	-

Призначаємо режими різання табличним способом. Дані занесемо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Режими різання при механічній обробці вала

Номер		Найменування поверхні	Глибина різання t , мм	Подача		Швидкість різання V , м/хв	Частота обертання n , об/хв	Потужність P , кВт	Основний час t_0 , хв.
операції	переходу			S_0 , мм/об	S_z , мм/зуб				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	1	$L=75$	1,7		0,1	320	630	0,61	0,15
	2	$L=258$	1,7		0,1	320	630	0,61	0,15
	3	Отв. центровий А4	2	0,04	-	6,82	500	0,49	0,01
020	1	$L=18$	1,6	0,3	-	152	400	0,87	0,15
	2	$\varnothing 36,4$	1	0,2	-	479	1000	0,98	0,56
		Фаска $1 \times 45^\circ$	1	0,2	-	450	1000	0,91	0,02
	3	$\varnothing 35,4$	0,5	0,12	-	584	1000	0,32	0,09
025	1	$\varnothing 36,4$	1	0,2	-	441	1000	1,3	0,16
		$\varnothing 46,4$	0,8	0,3	-	456	1000	1,28	0,34
		Фаска $1 \times 45^\circ$	1	0,2	-	450	1000	0,91	0,02
		канавка	1	0,3	-	100	630	0,57	0,1
	2	$\varnothing 35,4$	0,5	0,12	-	584	1000	0,32	0,38

30	1	Отвір Ø20	10	0,25	-	15,7	250	1,4	3,82
	2	Отвір Ø22,4	1,2	0,3	-	429,9	1000	0,91	0,06
		Фаска 2×60°	1	0,2	-	450	1000	0,91	0,02
	3	Отвір Ø23	0,3	0,12	-	630	1000	0,13	0,16
040	1	Шліцеві паз	0,7	0,035	-	5	-	1,51	0,25
	2	Шліцеві паз	0,7	0,02	-	6,5	-	1,45	0,21
045 050	1	Ø35	0,3	1,2	-	35	2700	0,7	0,02

2.7 Технічне нормування операцій

У малосерійному виробництві тривалість виконання операцій визначається переважно розрахунковим шляхом, з урахуванням технічних характеристик обладнання, особливостей обробки та рівня підготовленості виробництва. Основною метою такого підходу є встановлення обґрунтованих норм часу, які забезпечують ефективне планування завантаження обладнання та персоналу. Зокрема, для кожної технологічної операції визначається норма штучно-калькуляційного часу, що вимірюється в хвилинах і враховує як основну, так і допоміжну складові обробки. Такий підхід дозволяє гнучко адаптувати процес нормування під умови змінної номенклатури продукції, що характерно для малосерійного типу виробництва. Обчислюється у хв.:

$$t_{\text{шт.к}} = t_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з.}}}{n}; \quad (2.2)$$

де $t_{\text{шт}}$ – норма шт. часу; $T_{\text{пз}}$ – підг.-заклучний час, що витрачається на ознайомлення верстатка з кресленням деталі та переналагодження верстату; n – число деталей у партії.

Норма шт. часу, хв.:

$$t_{\text{шт}} = t_0 + t_d + t_{\text{техн.обсл.}} + t_{\text{орг.обсл.}} + t_{\text{пер}}; \quad (2.3)$$

де t_0 —осн. час обробки; t_d —доп. час; $t_{\text{техн.обсл}}$ і $t_{\text{орг. обсл.}}$ відповідно час техн. та орг. обслуговування; $t_{\text{пер}}$ — час на обід та відпочинок.

Доп. час включає такі складові: t_{b1} – час на установку та зняття деталі; t_{b2} – час на підвід та відвід різ. Інстр.; t_{b3} – час на управління верстатом; t_{b4} – час на проведення контрол. вимірів; t_{b5} – тощо.

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_0 + t_d; \quad (2.4)$$

Норма часу на техн. Обслуговування, хв:

$$t_{техн.обсл.} = 0,06 \cdot t_0; \quad (2.5)$$

Норма часу на орг. обслуговування, хв:

$$t_{орг.обсл.} = 0,08 \cdot t_{оп}; \quad (2.6)$$

Норма часу перерв на обід/відпочинок та особисті потреби, хв:

$$t_{пер} = 0,025 \cdot t_{оп}. \quad (2.7)$$

Для прикладу розрахуємо норми часу для операції 025 (Деталь – вал).

Осн. час на операції дорівнює сумі операційних часів по переходам:

$$t_0 = 0,16 + 0,34 + 0,02 + 0,02 + 0,1 + 0,38 = 1,02 \text{ (хв)}$$

Компоненти доп. часу приймаємо $t_{b1} = 1,5$ хв. — час на установку та зняття деталі; $t_{b2} = 1,02 \cdot 0,58 = 0,59$ хв. — час на підвід, відвід та зміну різ. інстр.; $t_{b3} = 0,2$ хв. — час на управління верстатом; $t_{b4} = 0,5$ хв. — час на проведення контр. вимірів; $t_{b5} = 0,1$ хв. — тощо.

Тоді:

$$t_d = 1,5 + 0,59 + 0,2 + 0,5 + 0,1 = 2,89 \text{ (хв)}$$

Опер. час:

$$t_{оп} = 1,02 + 2,89 = 3,91 \text{ (хв)}$$

Норма часу на техн. обслуг. верстата:

$$t_{техн.обсл.} = 0,06 \cdot 1,02 = 0,061 \text{ (хв)}$$

Норма часу на орг. обслуговування:

$$t_{орг.обсл.} = 0,08 \cdot 2,89 = 0,31 \text{ (хв)}$$

Норми часу перерв на обід та особисті потреби:

$$t_{пер} = 0,025 \cdot 2,89 = 0,097 \text{ (хв)}$$

Норма шт. часу, хв:

$$t_{шт} = 1,02 + 2,89 + 0,061 + 0,31 + 0,097 = 4,38 \text{ (хв)}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Норма штучно-калькуляційного часу, хв.:

$$t_{\text{шт.к.}} = 4,38 + \frac{2}{14} = 4,52 \quad (\text{хв})$$

Таблиця 2.6 – Норми часу на обробку деталі вал

Номер операції	t_0	t_{∂}	$t_{\text{обсл}}$		$t_{\text{пер}}$	$t_{\text{ум}}$	$T_{\text{п.з.}}$	n	$T_{\text{шт.к}}$
			$t_{\text{техн}}$	$t_{\text{орг}}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	0,31	2,47	0,01	0,22	0,06	3,1	2	14	3,24
020	0,82	2,77	0,04	0,28	0,08	4,02	2		4,16
025	1,02	2,89	0,06	0,31	0,09	4,38	2		4,52
030	0,4	2,53	0,02	0,23	0,07	3,26	2		3,4
040	0,46	2,56	0,02	0,24	0,07	3,37	2		3,51
045	0,02	2,31	0,001	0,18	0,05	2,57	2		2,72
050	0,02	2,31	0,001	0,18	0,05	2,57	2		2,72
									$\Sigma=24,27$

Таблиця 2.7 – Норми часу згідно базового ТП

Номер операції	t_0	t_∂	$t_{\text{обсл}}$		$t_{\text{пер}}$	$t_{\text{ум}}$	$T_{\text{п.з.}}$	n	$T_{\text{шт.к}}$
			$t_{\text{техн}}$	$t_{\text{орг}}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
015	0,31	2,47	0,01	0,22	0,06	3,1	2	14	3,24
020	0,82	2,77	0,04	0,28	0,08	4,02	2		4,16
025	1,02	2,89	0,06	0,31	0,09	4,38	2		4,52
030	3,82	4,51	0,22	0,66	0,2	9,44	2		9,61
035	0,24	2,58	0,01	0,22	0,07	3,13	2		3,35
040	0,46	2,56	0,02	0,24	0,07	3,37	2		3,51
045	0,02	2,41	0,01	0,19	0,06	2,69	2		2,9
									$\Sigma=31,29$

2.8 Програмування операцій у САМ-системі

Для операції точіння 025 було розроблено РТК (КНУ.КБР.131.25-10.РТК) та запрограмовано рух верстату у програмному забезпеченні FutureCAM (рис. 2.8). Код управляючої програми наведено у Додатку А.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ				Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата					

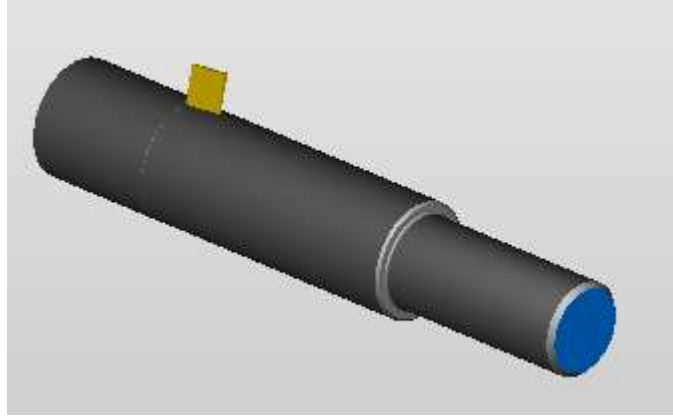


Рисунок 2.8 – Копія екрану програми FeatureCAM зі симуляцією точіння операції 025

					КНУ.КБР.131.25.1-10.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Дизайн випробування вала у SolidWorks Simulation

Свойства Таблицы и кривые Внешний вид Штриховка Настройка Данные программно

Свойства материала

Материалы в библиотеке по умолчанию не могут редактироваться. Необходимо скопировать материал в настроенную пользователем библиотеку и затем его отредактировать.

Тип модели: Линейный упругий изотр ☐ Сохранить тип в библиотеке

Единицы измерения: СИ - Н/м² (Па)

Категория: Сталі

Имя: X8CrNi25-21 ДСТУ EN 10088-1

Критерий разрушения по умолчанию: Максимальное напряжение

Описание: -

Источник:

Sustainability: Не определено Выбрать...

Свойство	Значение	Единицы измерения
Модуль упругости	1.97e+11	Н/м ²
Коэффициент Пуассона	0.3	Не применимо
Модуль сдвига	75800	Н/м ²
Массовая плотность	7900	кг/м ³
Предел прочности при растяжении	600000000	Н/м ²
Предел прочности при сжатии	600000000	Н/м ²
Предел текучести	490000000	Н/м ²
Коэффициент теплового расширения	1.65e-05	/К
Теплопроводность	14.2	Вт/(м·К)
Удельная теплоемкость	500	Д/(кг·К)
Коэффициент демпфирования материала	0.002	Не применимо

Рисунок 3.1 – Копія екрана вибору новоствореного матеріалу вала X8CrNi25-21 ДСТУ EN 10088-1:2008 у CAE-системі SolidWorks Simulation

Із метою обчислити у SW Simulation вал на міцність було створено новий матеріал X8CrNi25-21 ДСТУ EN 10088-1:2008 (рис. 3.1) у каталозі матеріалів. Межа текучості цього матеріалу становить 490 МПа.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ						
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата							
Разроб.	Кепша				Конструкторська частина			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.	Бондар										
Н. Контр.	Нечаєв							Кафедра ТМ гр. ПМ-21			
Затверд.	Рязанцев										

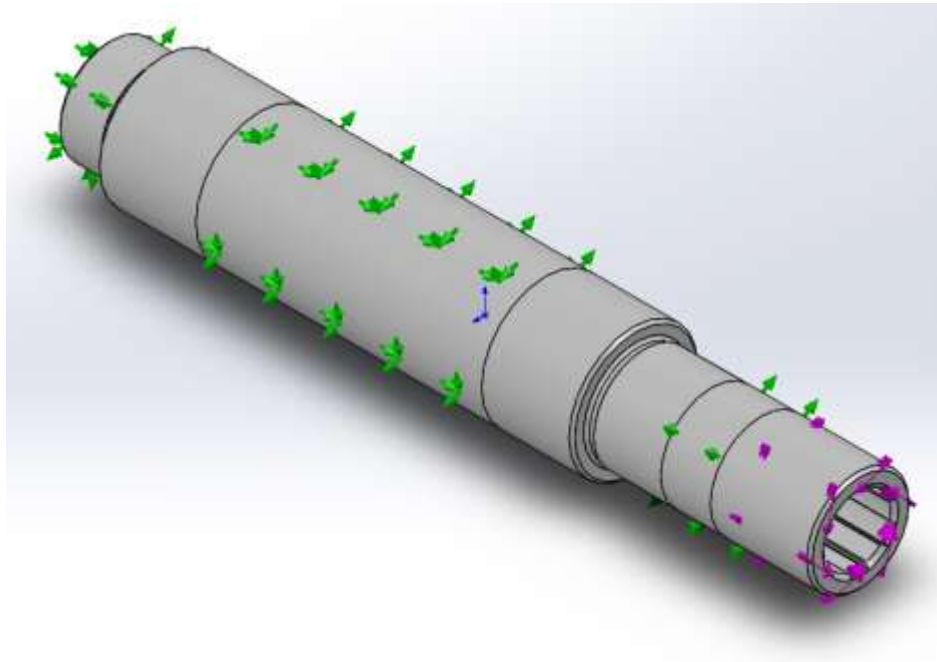


Рисунок 3.2 – Кріплення в просторі циліндричних поверхонь посадкових місць підшипників та крильчатки насоса на валу, прикладений обертовий момент на шліці (копія екрана вікна SolidWorks Simulation)

У SolidWorks Simulation кріплення (рис. 3.2) на валу ми організували через два окремі фіксовані вузли, що імітують підшипникові опори. Перше кріплення встановлено на посадці діаметром 35 мм ліворуч. Для цього була використана опція "Fixed Geometry", яка обмежує переміщення вала у всіх напрямках, окрім обертання. Друге кріплення розташоване з боку приводу (праворуч), також на ділянці Ø35 мм. Але тут у налаштуваннях були вимкнені ще ступені вільності в осьовому напрямку: ми зняли фіксацію по осі, залишивши можливість для вільного переміщення вала вздовж осі обертання. Це дозволяє моделювати реальні умови опори з одного боку — з фіксацією тільки радіального переміщення, як це робить другий підшипник у звичайній конструкції, що виключає появу внутрішніх осьових напружень, які не відповідають дійсності.

Місце посадки крильчатки зафіксовано в усіх напрямках, щоб перевірити вал на міцність у разі заклинювання першої.

Навантаження прикладено до бічних граней шліці величиною 65 Н·м. Крутний момент для вала насоса обчислювався на основі відомих

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

експлуатаційних характеристик, зокрема витрати, перепаду тиску і частоти обертання. Спочатку було визначено гідравлічну потужність, яка створюється насосом при подачі азотної кислоти. Для цього об'ємну витрату помножили на різницю тисків між входом і виходом. Отриману потужність потім скоригували на механічний ККД насоса, щоб оцінити потужність, яка передається на вал. Далі, знаючи цю потужність і кутову швидкість, розраховану за значенням частоти обертання, визначили крутний момент через співвідношення між потужністю і моментом. Усі розрахунки проводились у СІ-одинацях, тому в кінці результат було переведено в зручні технічні одиниці — ньютон-метри.

Для визначення сітки (рис. 3.3) було обрано параметри максимального розміру елемента 3 мм, мінімального 0,6 мм. Отримана кількість вузлів близько 248 тис. Тип сітки – на основі кривизни. Кількість точок Якобіана – 4.

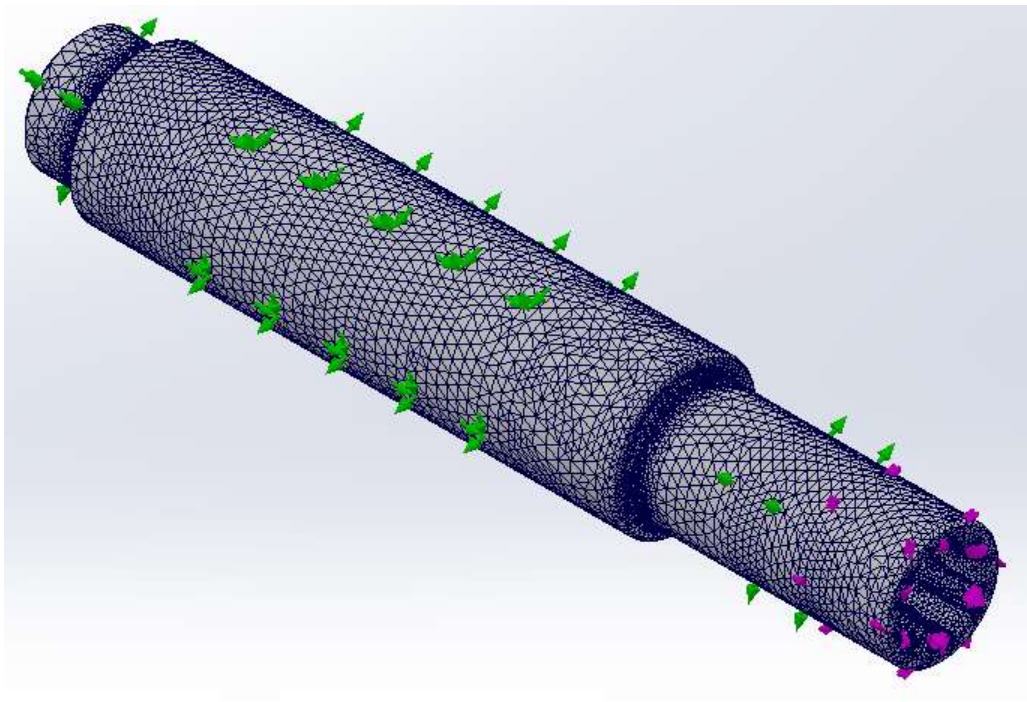


Рисунок 3.3 – Сітка для обчислень методом кінцевих елементів

3.2 Інтерпретація результатів отриманих у SolidWorks Simulation

На рисунку 3.3 зображено епюру розподілу внутрішніх напружень у валі, де видно, що межа текучості не подолана, а це в свою чергу означає, що у разі

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

заклинювання крильчатки руйнування валу відсутнє. Однак, максимальне значення внутрішнього напруження близьке до межі текучості, що ставить під питання запас міцності, а отже, надійність вала.

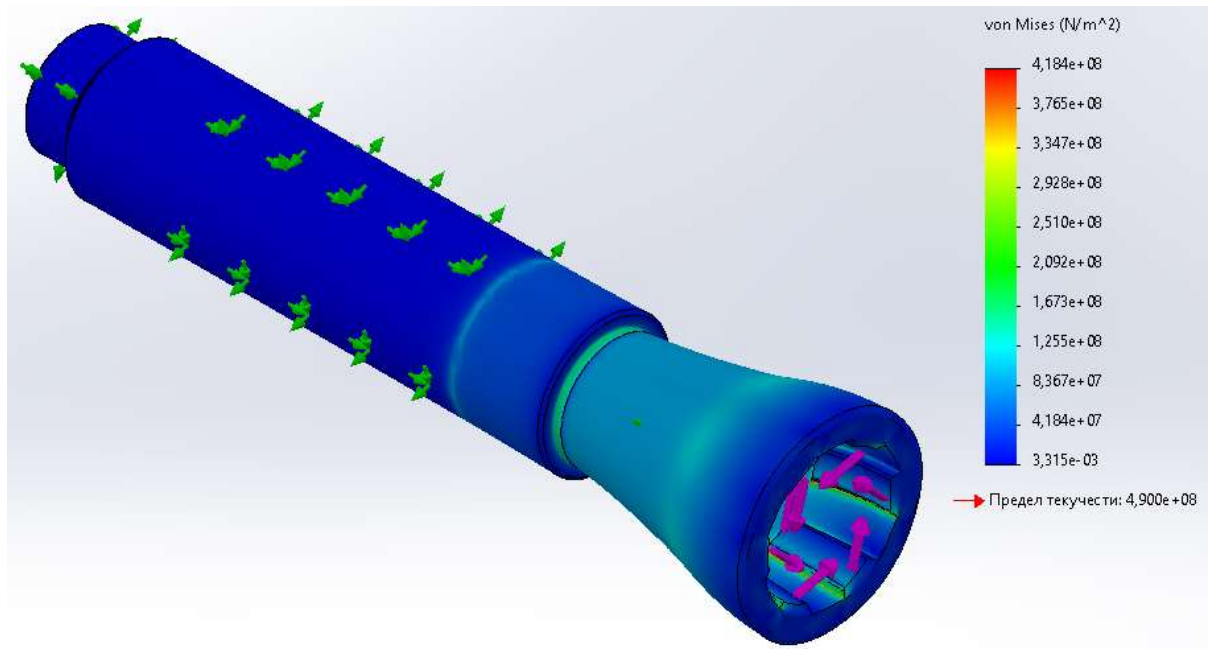


Рисунок 3.4 – Епюра внутрішніх напружень вала обчислених у SolidWorks Simulation

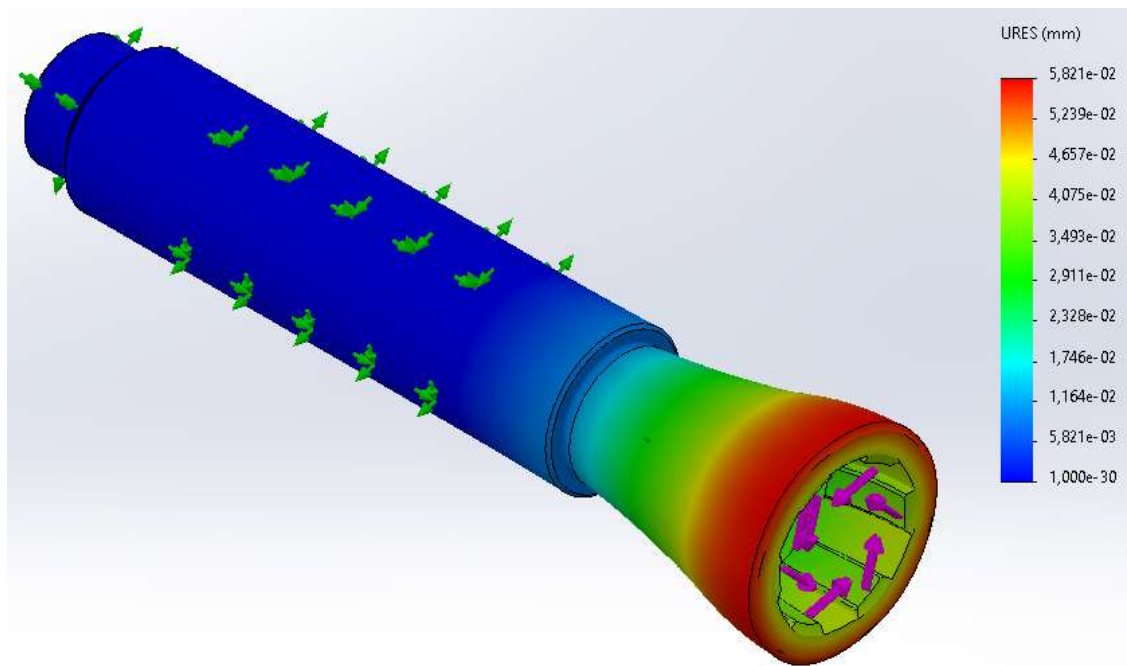


Рисунок 3.5 – Епюра переміщення матеріалу вала обчислених у SolidWorks Simulation

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

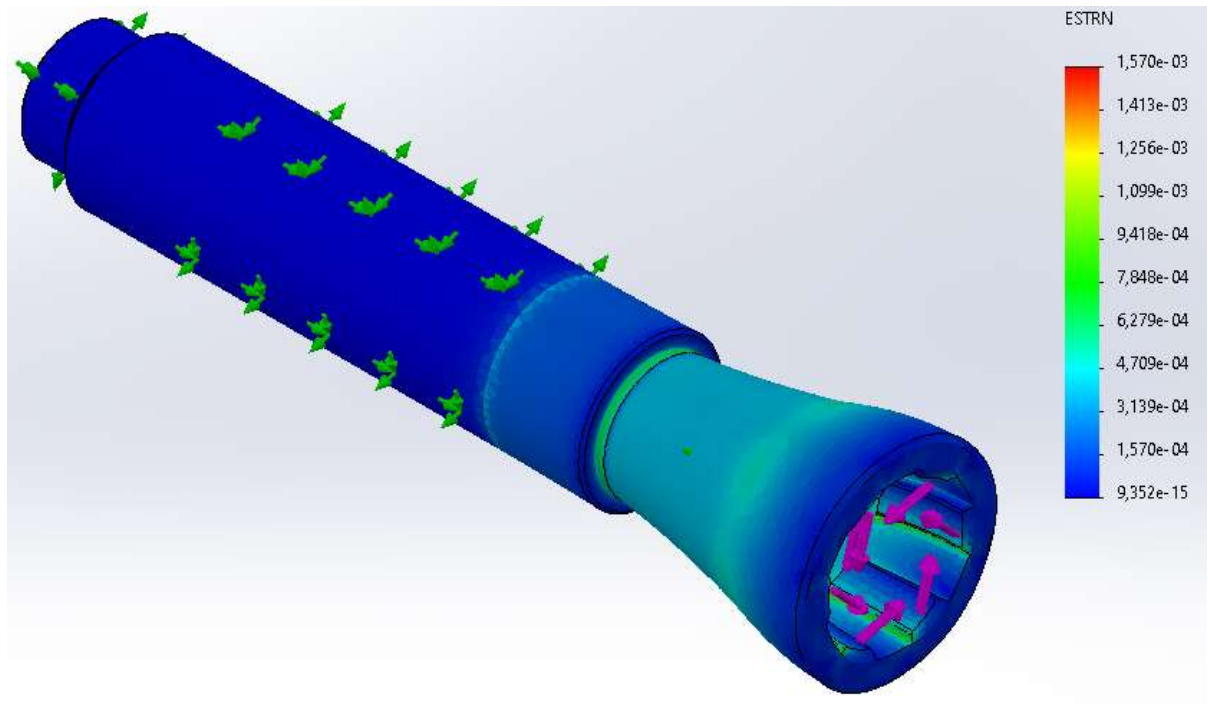


Рисунок 3.6 – Епюра найбільших деформацій матеріалу обчислених у SolidWorks Simulation

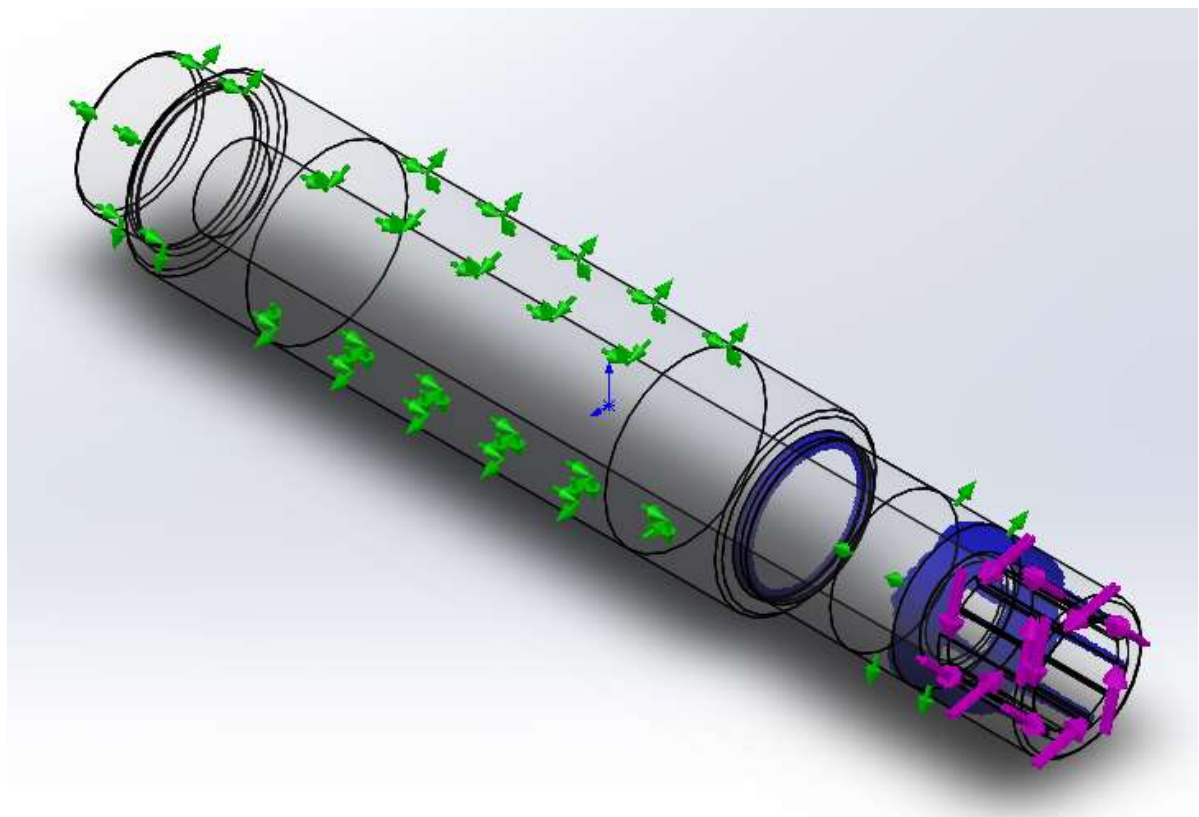


Рисунок 3.7 – Епюра Design Insight найбільш навантажених зон матеріалу обчислених у SolidWorks Simulation

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Щоб дослідити розподіл напружень усередині тіла деталі, було побудовано епюру з використанням інструмента Design Insight (рис. 3.6), який відображає зони з найбільшим енергетичним навантаженням у матеріалі. Результати моделювання вказують на очікуване зростання напружень не тільки в місці жорсткого кріплення, де прикладено зовнішній опір моменту, а й у зонах із геометричними змінами — наприклад, у заокругленнях і проточках. Такі ділянки виступають концентраторами напружень через різку зміну перерізу і локальне зниження жорсткості, що відповідає положенням теорії пружності й підтверджується результатами чисельного аналізу. Подібний підхід дає змогу заздалегідь визначити потенційно небезпечні місця та, за потреби, внести корективи в конструкцію для підвищення її довговічності й надійності.

Имя модели: Вал
 Название исследования: Статический 3(-По умолчанию-)
 Тип эпюры: Запас прочности Запас прочности1
 Критерий : Авто
 Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,2

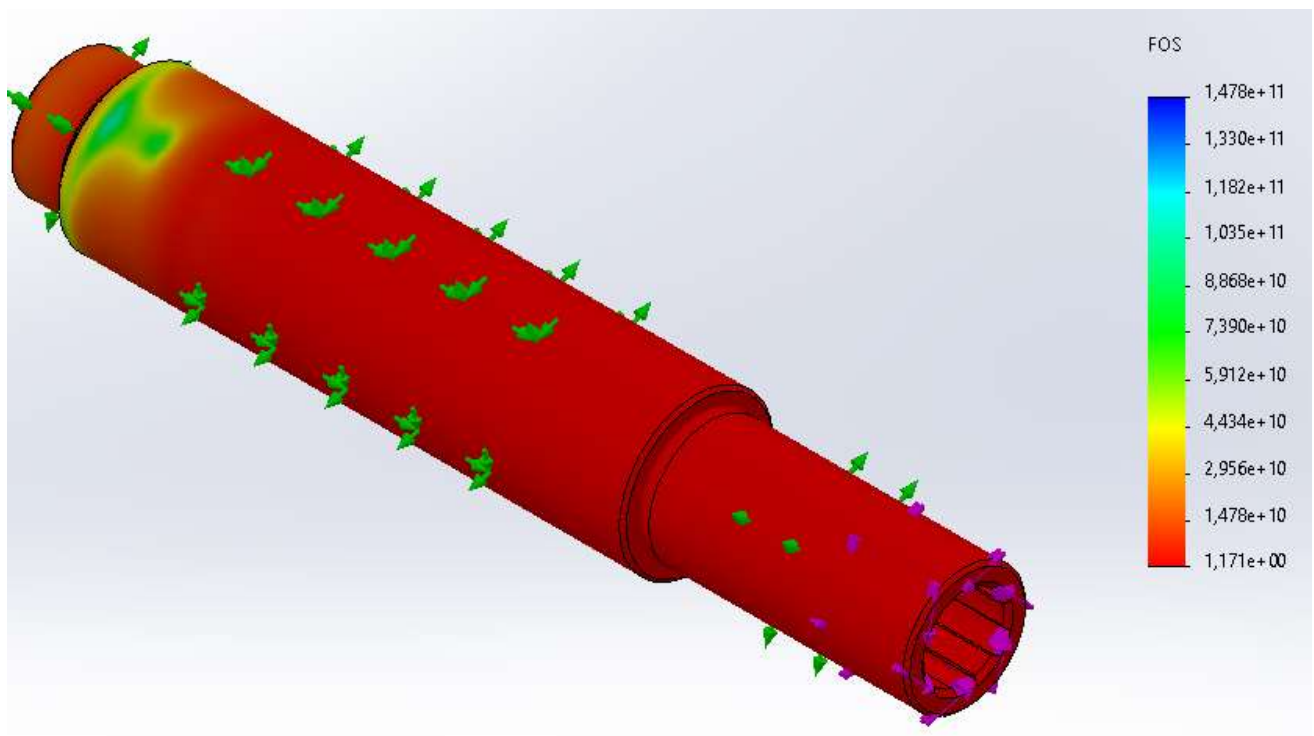


Рисунок 3.8 – Розподіл мінімального запасу міцності

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Запас міцності 1,2 означає, що максимальні робочі напруження валі становлять приблизно 83% від межі текучості матеріалу. Такий рівень запасу міцності теоретично допускається, але його можна вважати критично низьким у більшості інженерних застосувань.

У загальному машинобудуванні типові мінімальні значення запасу міцності становлять: для статичних навантажень: не менше 1.5–2, для динамічних навантажень, вібрацій, пусків-зупинок: 2.5 і вище, для відповідальних вузлів (наприклад, у ракетній техніці): зазвичай 3–4 і більше, залежно від доступу до техобслуговування і вартості помилки.

Отже, запас 1,2 прийнятний лише за умов дуже короткого терміну служби, стабільного статичного навантаження і точної гарантії відсутності перевантажень або дефектів. Якщо цей насос використовується одноразово, наприклад, у рідинному ракетному двигуні, то такий запас ще може вважатися допустимим. Але навіть у такому випадку бажано переглянути геометрію вала або підібрати матеріал із вищою межею текучості.

Отже, вал із запасом міцності 1,2 можна використовувати лише в одноразових або тимчасових системах, де повністю виключені перевантаження, циклічні навантаження і пошкодження в процесі експлуатації. В усіх інших випадках — це ризиковано.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4.1 Охорона праці та екологія виробництва

4.1.1 Небезпеки на виробництві

На машинобудівному виробництві робітник стикається з низкою небезпечних факторів, які можуть впливати на здоров'я та життя. Серед основних:

Фізичні фактори: це підвищений рівень шуму, вібрації від обладнання, висока або низька температура, випромінювання (ультрафіолетове, інфрачервоне, електромагнітне) та можливість ураження електричним струмом. Також є ризик травмування від рухомих частин механізмів або падіння важких предметів.

Хімічні фактори: використання мастильних матеріалів, фарб, кислот, розчинників та інших шкідливих речовин, які можуть потрапляти в організм через дихальні шляхи, шкіру або травну систему.

Пил та аерозолі: обробка металів супроводжується утворенням пилу, стружки, парів, які можуть викликати захворювання дихальних шляхів.

Психофізіологічні фактори: велике навантаження, монотонність операцій, необхідність постійної концентрації уваги, робота в нічну зміну — усе це може призводити до перевтоми та зниження реакції, що підвищує ризик нещасного випадку.

Техногенні фактори: це несправності обладнання, аварійні ситуації, порушення технологічного процесу або збої в роботі систем безпеки.

Біологічні фактори (рідше): за наявності систем водопостачання, вентиляції чи роботи в сирих приміщеннях є ризик розвитку мікроорганізмів або плісняви, що можуть впливати на здоров'я.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.ОЕПВ								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Разроб.		Кепша			Організаційно-економічна підготовка виробництва				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар											
									Кафедра ТМ гр. ПМ-21				
Н. Контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											

Щоб зменшити ризики, важливими є заходи охорони праці — інструктажі, правильне застосування засобів індивідуального захисту, технічне обслуговування обладнання та дотримання санітарних норм.

4.1.2 Заходи для мінімізації ризиків отримання травм

Щоб зменшити ризики отримання травм на машинобудівному виробництві, необхідно впроваджувати цілий комплекс заходів, що охоплюють організацію праці, дотримання технологічної дисципліни, технічне забезпечення безпеки, а також навчання працівників. Насамперед, важливою умовою є якісне проведення інструктажів з охорони праці. Усі працівники повинні проходити первинний інструктаж перед початком роботи, а також регулярні повторні, позапланові та цільові інструктажі, якщо виникають зміни в умовах праці чи після тривалої перерви. Недостатність знань про безпечні методи роботи часто є причиною виробничого травматизму, тому система навчання має бути постійною, актуалізованою та перевіреною через тести або співбесіди.

Крім того, новоприйняті працівники або ті, хто переходить на нову посаду, повинні обов'язково проходити стажування під наглядом досвідченого наставника. Це дає змогу без ризику ознайомитися з особливостями обладнання та технологічного процесу. Велике значення має правильна організація робочого місця: воно повинне бути чистим, упорядкованим, з чітким розміщенням інструментів та засобів індивідуального захисту. Усі небезпечні зони мають бути позначені, а механізми — обладнані захисними екранами або кожухами.

Важливою складовою безпеки є справність обладнання. Регулярне технічне обслуговування, огляди та ремонт запобігають нещасним випадкам, пов'язаним із несправністю механізмів. Робітники не повинні самостійно усувати поломки, якщо це не входить у їх обов'язки та вони не мають відповідної підготовки. Робота з електрообладнанням допускається лише за наявності допуску та групи з електробезпеки.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Суттєве значення має використання засобів індивідуального захисту: спецодяг, захисні окуляри, каски, рукавиці, протишумні навушники чи респіратори — залежно від типу виробництва. Засоби захисту мають видаватися своєчасно, бути в належному стані та відповідати нормам. Крім того, кожен працівник повинен чітко знати, як ними правильно користуватися.

Для зменшення ризиків на рівні підприємства необхідна робота служби охорони праці, яка проводить аналіз нещасних випадків, виявляє потенційно небезпечні ділянки та розробляє запобіжні заходи. Результати перевірок, інцидентів і спостережень мають враховуватися в корекції інструкцій, маршрутів переміщення працівників, черговості виконання операцій та інших технологічних параметрів.

Усі ці заходи регулюються на нормативному рівні. Основним законом в Україні є Закон "Про охорону праці, який визначає права працівників на безпечні умови праці, обов'язки роботодавців, порядок організації охорони праці на підприємстві. Крім цього, велике значення мають Кодекс законів про працю України (КЗпП) та Закон "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку".

Технічні вимоги безпеки регламентуються низкою державних стандартів, зокрема ДСТУ ISO 45001:2019 — це стандарт системи управління охороною праці. Також використовуються міждержавні стандарти та галузеві нормативні документи, серед яких інструкції з охорони праці для конкретних професій, правила технічної експлуатації обладнання, санітарні норми тощо. Зокрема, в машинобудуванні діють правила безпеки при роботі з металорізальними верстатами, при зварювальних роботах, у термічних цехах, які можуть мати форму окремих стандартів або нормативних актів підприємства, узгоджених із чинним законодавством.

Таким чином, запобігання травмам на машинобудівному виробництві — це результат правильно організованого процесу управління ризиками, що спирається на навчання, контроль, технічне забезпечення безпеки та дотримання нормативної бази.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

4.1.3 Екологія машинобудівного виробництва

Машинобудівне виробництво має помітний вплив на довкілля, оскільки охоплює широкий спектр процесів, пов'язаних з обробкою металів, хімічними реакціями, енергоспоживанням, водоспоживанням та утворенням великої кількості відходів. Основними екологічними загрозами такого виробництва є забруднення повітря, ґрунтів, водних ресурсів, а також накопичення промислових і небезпечних відходів.

Одним із найвідчутніших негативних чинників є викиди шкідливих речовин в атмосферу. Під час зварювання, лиття, термообробки та механічної обробки металів у повітря потрапляють пари важких металів, оксиди азоту, сірки, чадний газ, а також пил і аерозолі. Особливо небезпечними є дрібнодисперсні частинки, які можуть переноситися на великі відстані та проникати в дихальні шляхи людини. Джерелами забруднення є також котельні, транспорт, компресори та інші установки, що споживають паливо.

Іншою критичною проблемою є забруднення води. У машинобудівному виробництві використовується велика кількість води для охолодження, миття деталей, хімічної обробки, гальванічних процесів. Ці стічні води часто містять нафтопродукти, луги, кислоти, важкі метали (нікель, хром, мідь) та інші токсичні домішки. Якщо їх не очищати належним чином, вони можуть потрапити у водойми або ґрунтові води, що призводить до загибелі водних екосистем і забруднення джерел питної води.

Ще одним важливим аспектом є утворення твердих відходів. Машинобудівні підприємства щодня продукують великі обсяги стружки, шлаків, відпрацьованих фільтрів, пакувальних матеріалів, а також небезпечних відходів — наприклад, батарей, мастил, фарб і кислот. Якщо їх не сортувати, не зберігати відповідно до вимог та не передавати на утилізацію, вони можуть становити серйозну загрозу для навколишнього середовища й здоров'я людей.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Також важливим є питання шумового забруднення та вібрації, які можуть впливати на навколишні житлові зони й природні екосистеми. Постійний інтенсивний шум від верстатів, кранового обладнання, вентиляційних систем і транспорту створює некомфортні умови життя для населення, а у фауні може порушити міграційні маршрути та поведінкові реакції.

Для зменшення екологічного навантаження машинобудівне підприємство має впроваджувати сучасні технології та системи екологічного менеджменту. Ефективним засобом контролю викидів є встановлення фільтраційних систем, циклонасосів, скрубєрів та електрофільтрів на джерелах пилу і газу. Водні стоки необхідно подавати на багатоступеневу очистку, яка може включати механічне, хімічне, біологічне очищення та фільтрацію. Повторне використання очищеної води в замкнених циклах (так зване водооборотне водопостачання) дозволяє зменшити споживання води й зменшити ризик забруднення довкілля.

Тверді відходи потрібно сортувати, віддавати на переробку (наприклад, стружку — на переплавку), а небезпечні — передавати ліцензованим компаніям для знешкодження. Варто також впроваджувати політику енергозбереження, модернізувати обладнання на більш енергоефективне, використовувати відновлювані джерела енергії, якщо це можливо, а також забезпечувати ретельний контроль за дотриманням природоохоронного законодавства.

На рівні нормативної бази, питання охорони довкілля регулюються законами України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи», «Про охорону атмосферного повітря», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення» та відповідними постановами Кабінету Міністрів і наказами Міністерства охорони довкілля. Крім того, підприємства, що прагнуть відповідати міжнародним екологічним стандартам, впроваджують систему екологічного управління відповідно до стандарту ДСТУ ISO 14001.

Таким чином, екологічна безпека машинобудівного виробництва потребує цілеспрямованої політики з боку підприємства, відповідальної поведінки працівників і неухильного дотримання нормативних вимог, що у підсумку дозволяє зберегти природне середовище для наступних поколінь.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

4.2 Економічний ефект виробництва вала

Таблиця 4.1 – Дані для обчислення економічної ефективності деталі вал насоса окиснювача для калькуляції економічного ефекту виробництва

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант			Новий варіант
	1М553	2А637Ф 4	6610	16К20Ф3 з ЧПК
Деталі				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	5030			5030
Кількість запусків партій деталей в рік, п	12			12
Тривалість випуску деталей Z, років	1			1
Штучний час обробки деталі $t_{шт}$, хв.	27	24	23	24
Час наладки верстата, хв.	29	21	15	15
Розряд:				
	контролера			5
	верстатника			4
	наладчика			3
наладчика інструменту		4		4
Кількість кадрів програми, шт.		400		600
Вартість заготовки $S_{заг}$, грн.	76,28			76,28
Вартість комплексу спец. пристосувань $K_{пр}$, грн				
Оптова ціна на прокат одного УСП $\Pi_{усп}$, грн				
Середній час налагодження за прибором одного інструменту поза верстатом, хв.		4		
Середній період стійкості інструменту, хв.	45	60	45	90
Середня кількість граней пластинки, шт.	1	2	2	3
Коефіцієнт, що враховує питому вагу основного часу в штучному k_t	0,083	0,2	0,083	0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.		7		8,9
Вартість розробки ПК $K_{мк}$, грн.		2800		5340
Середньочасова зарплатня робітника, грн:				
верстатника $N_{ст}$		33,6	32,3	30,1
наладчика $N_{нал}$		33,6	28,2	34,3
наладчика інструмента $N_{ін}$			31,1	
контролера N_k		29,8		29,8

Таблиця 4.2 – Дані по верстатам для виробництва деталі вал насоса окиснювача для калькуляції економічного ефекту

<i>Верстати</i>				
Клас точності верстата	Н	Н	Н	А
Маса верстата, т	30	36,35	39,15	50
Габарити верстата (довжина x ширина), м.	5,495 x 4,55	8,7 x 5,6	10,79x4,76	9,4 x6,4
Габарити пристрою ЧПК, м		1,2 x 1,2		0,5 x 0,5
Тип пристрою ЧПК		NC110		FANUC 0iMF
Строк служби верстата до капітального ремонту T_{pi} , років	7	10	7	15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	60	28	100	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини R_m	51	97	39	100
електротехнічної частини R_e	43	75	50	99
Кількість верстатів, що обслуговує один	1	2	1	3
Оптова ціна верстата Π , грн.	110000	1800000	500000	4200000
Коефіцієнт завантаження верстата η_z	0,75	0,8	0,65	0,95
Площа верстата за габаритами A , м. кв.	25,0	48,7	51,4	60,0
Площа пристрою ЧПК A_y , м. кв.		1,44		0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини H_m	401	329	401	272
електротехнічної частини H_e	86	71	86	60
Норматив річних витрат на поточне обслуговування та ремонт ПЧПК Q , грн.		8600		11950
Коеф., що враховує додаткову площу верстата, γ	2,5	2	2	2
Коеф., що враховує клас точності верстата, μ	1	1	1	1,8
Ефективний річний фонд часу роботи верстата $\Phi_{об}$, год	3975	3850	3975	3850

Таблиця 4.3 – Дані по виробничим та іншим площам для виробництва деталі вала насоса окиснювача для калькуляції економічного ефекту

Виробничі та інші площі				
Вартість 1 м. кв. площі механічної Цпл.зд., грн	500			500
Вартість 1 м. кв. площі, що займають службово-побутові приміщення Цсл. поб, грн	1000			1000
Площа службово-побутових приміщень, що приходяться на одного робочого Аз, м. кв.	7			7
Витрати на утримання та амортизаційні витрати на 1 м. кв. цеху Нпл, грн.	180	180	180	200

Результати обчислень економічної ефективності механічної обробки річного випуску вала наведені на рис. 4.1, 4.2, 4.3.

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей												
$C = I_z + I_n + I_{in} + I_{mk} + I_{np} + I_{usp} + I_z + I_{pl} + I_{sl} + I_r + I_y + I_k,$												
де I_z – зарплата верстатника; I_n – зарплата за наладку верстата; I_{in} – зарплата налагоджувальника інструмента поза верстатом; I_{mk} – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; I_{np} – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; I_{usp} – витрати на прокат універсально-збірних I_z – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; I_{pl} – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; I_{sl} – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; I_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; I_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; I_k – зарплата контролера												
										C1 на деталь = 110,82		
										C2 на деталь = 46,44		
I_z	I_n	I_{in}	I_{mk}	I_{np}	I_{usp}	I_z	I_{pl}	I_{sl}	I_r	I_y	I_k	
C1 = 282988	+ 651,20	+ 2169,20	+ 2800,00	+ 0	+ 0	+ 71972,72	+ #####	+ 77000	+ 57661	+ 5629,6	+ 22359,19	557435,66
C2 = 33553	+ 161,81	+ 0,00	+ 5340,00	+ 0	+ 0	+ #####	+ #####	+ 28000	+ 32864	+ 6583,5	+ 11991,52	233581,59

Рисунок 4.1 – Копія екрану табличного процесору для калькуляції собівартості обробки на виробництві деталі вала насоса окиснювача. Порівняння собівартості продукції згідно базового ТП та проектного ТП зі використанням верстату з ЧПК

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.0ЕПВ					Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						

Капітальні вкладення споживача					
$K = K_6 + K_{зд} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$					
де K_6 – балансова вартість верстата, грн;					
$K_{зд}$ – вартість приміщення, яке займає верстат, грн.;					
$K_{сл}$ – вартість службово-побутових приміщень, грн.;					
$K_{нез}$ – обігові кошти в незакінченому виробництві, грн.;					
$K_{пр}$ – вартість комплексу спеціальних пристосувань, які використовуються на верстатах при обробці деталей, грн.;					
$K_{п.у.}$ – витрати на створення керуючої програми (КП), грн.					
K_6	$K_{зд}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$
$K_1 = 1799318 + 95013 + 77000 + 358234 + 0 + 2800 = 2332365$					
$K_2 = 2545263 + 33193 + 28000 + 68931 + 0 + 5340 = 2680727,60$					

Рисунок 4.2 – Копія екрану табличного процесору для калькуляції капітальних вкладень на організацію механічного цеху на виробництво деталі вала насоса окиснювача. Порівняння капітальних вкладень згідно базового ТП та проектного ТП зі використанням верстату з ЧПК

Приведені витрати				
$Z_1 =$	$C_1 +$	$E_n \cdot$	K_1	
907290	557436	0,15	2332365	
$Z_2 =$	$C_2 +$	$E_n \cdot$	K_2	
635691	233582	0,15	2680728	

Річний економічний ефект			
$E =$	$Z_1 -$	Z_2	
271600	907290	635691	

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 -$	$K_1) /$	$(C_1 -$	$C_2)$
1,08	2680728	2332365	557436	233581,6

Рисунок 4.3 – Копія екрану табличного процесору для калькуляції витрат, річного економічного ефекту та строку окупності на виробництво деталі вала насоса окиснювача. Порівняння витрат згідно базового ТП та проектного ТП зі використанням верстату з ЧПК

					КНУ.КБР.131.25.1-10.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було створено тривимірну модель і виконано креслення деталі вал, а також розроблено складальний кресленик вузла насоса окиснювача. Одним із ключових етапів стало оновлення технологічного процесу виготовлення, яке передбачало заміну застарілого універсального обладнання на сучасні верстати з числовим програмним керуванням, що забезпечило підвищення точності та ефективності обробки. Було проведено аналіз технологічності як конструкції насоса окиснювача загалом, так і його елемента — вала зокрема. Дослідження діючого технологічного процесу дозволило визначити найбільш доцільні економічно вигідні способи виготовлення заготовок, що дало змогу знизити витрати матеріалу завдяки зменшенню припусків на механічну обробку.

На основі проведеного аналізу розроблено оновлений технологічний процес виготовлення вала з використанням обладнання з ЧПК, підібрано відповідні верстатні пристосування для скорочення часу на встановлення, закріплення та зняття деталей, а також обрано вимірювальні прилади та різальний інструмент. Визначено режими різання, які забезпечують відповідність точнісним вимогам до оброблюваних поверхонь. Завдяки модернізації виробничих засобів, удосконаленню способів отримання заготовок і оптимізації режимів обробки вдалося досягти скорочення штучного часу обробки деталі вал на 7,02 хвилини.

У рамках конструкторського опрацювання виконано розрахунок механічних характеристик деталі в програмному середовищі SolidWorks Simulation, що дозволило оцінити її здатність витримувати аварійні навантаження та зробити обґрунтовані висновки щодо надійності конструкції.

Проведено оцінку економічної доцільності впровадження нової технології виробництва та встановлено її ефективність. Значна увага також приділялася

					КНУ.КБР.131.25.1-10.В								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Кепша			Висновки				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар											
Н. Контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											
					Кафедра ТМ гр. ПМ-21								

питанням охорони праці та безпеки виробничого середовища, де проаналізовано як технічні, так і організаційні заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації.

Робота повністю виконана відповідно до поставленого технічного завдання і реалізована в повному обсязі.

					КНУ.МВР.131.23.1-10.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

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., Зєнкін 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.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-10.СВД</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаних джерел</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Кепша</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Бондар</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>					<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-21</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>							

16. Методичні вказівки до курсової роботи Механоскладальні ділянки 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.Туляб 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-IX від 13.04.2020
23. Закон України Про охорону праці, нова редакція, м. Київ, 21 листопада 2002 року, № 341-IX від 05.12.2019, ВВР, 2020, № 13, ст.68
24. Охорона праці: Навчальний посібник / За ред. В. Кучерявого. Львів: Оріана-Нова, 2007. 368 с.

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

ДОДАТКИ

					КНУ.КБР.131.25.1-10.Д								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Кепша			Додатки				Літ.		Арк.	Аркушів	
Перевір.		Бондар											
									Кафедра ТМ зр. ПМ-21				
Н. Контр.		Нечаєв											
Затверд.		Рязанцев											

```
%  
ОВал( FILENAME = Вал)  
N20 G20 G40  
N25 G28 U0  
N30 G28 W0  
( OPERATION: ROUGH TURN ТОЧЕНИЕ1 )  
N40 T101  
N45 G50 S3000  
N50 G96 S219 M4  
N55 G0 X1.7402 Z0.1094 M8  
N60 G1 Z-9.5276 F0.01  
N65 X1.811  
N70 X1.8389 Z-9.5136  
N75 G0 Z0.1094  
N80 G1 X1.3858  
N85 Z-3.0669  
N90 X1.5748  
N95 G3 X1.636 Z-3.0796 R0.0433  
N100 G1 X1.7148 Z-3.119  
N105 G3 X1.7402 Z-3.1496 R0.0433  
N110 G1 X1.768 Z-3.1357  
N115 G0 Z0.1094  
N120 G1 X1.2817  
N125 Z-0.0481  
N130 X1.3605 Z-0.0875  
N135 G3 X1.3858 Z-0.1181 R0.0433  
N140 G1 X1.4137 Z-0.1042  
N145 G0 Z0.0787  
( OPERATION: FINISH TURN ТОЧЕНИЕ1 )  
N155 G0 X2.0472 Z0.0605  
N160 G50 S3000  
N165 G96 S300  
N170 G0 X2.0472 Z0.0605 M8  
N175 X1.0534  
N180 G1 X1.3549 Z-0.0903 F0.  
N185 G3 X1.378 Z-0.1181 R0.0394  
N190 G1 Z-3.0709  
N195 X1.5748  
N200 G3 X1.6305 Z-3.0824 R0.0394  
N205 G1 X1.7092 Z-3.1218  
N210 G3 X1.7323 Z-3.1496 R0.0394  
N215 G1 Z-9.5276  
N220 X1.955 Z-9.4162  
N225 G0 X2.0472  
N230 G28 U0  
N235 G28 W0  
N240 M30  
%
```

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

**АЛЬБОМ КРЕСЛЕНЬ ТА ІНФОРМАЦІЙНО-ЗАСВІДЧУЮЧИХ
АРКУШІВ**

КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 131 – Прикладна механіка

на тему: Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталі
«Вал» насоса окиснювача з використанням обладнання з ЧПК та CAD/CAE/CAM
технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Кепша В.В.

Керівник КБР

(підпис)

Бондар О.В.

Нормоконтроль

(підпис)

Нечаєв В.П.

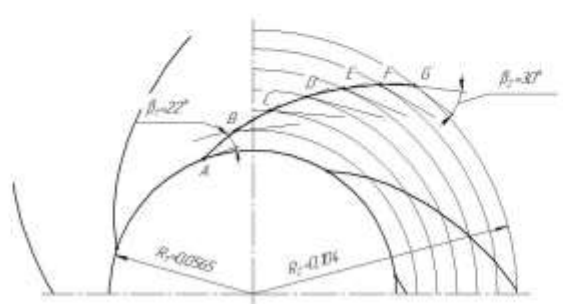
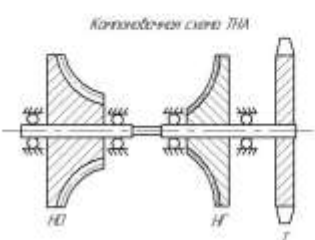
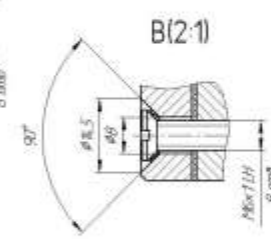
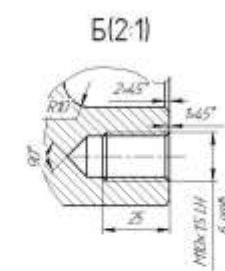
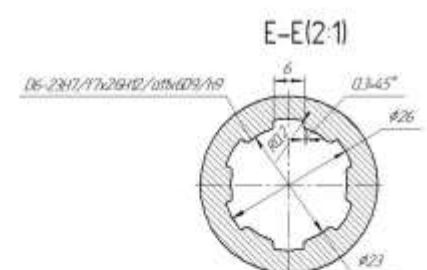
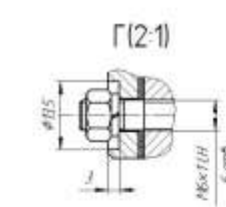
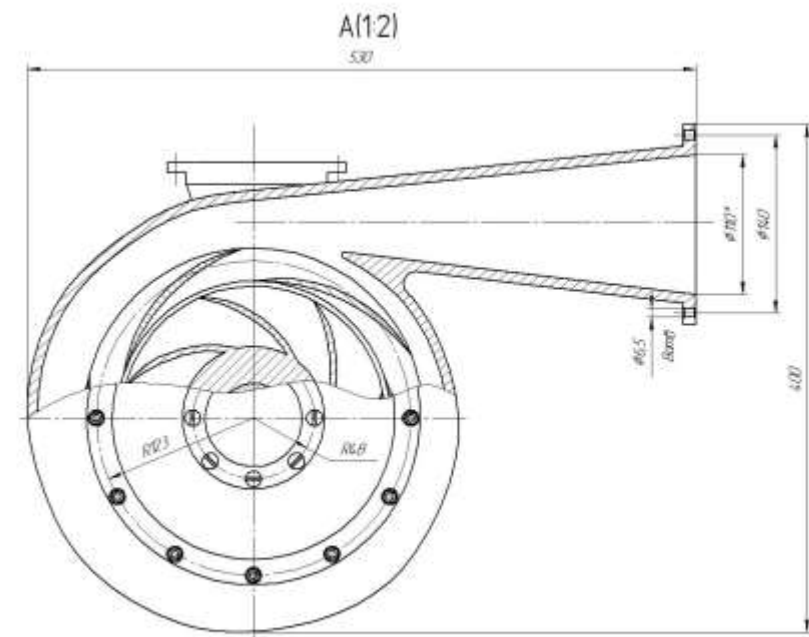
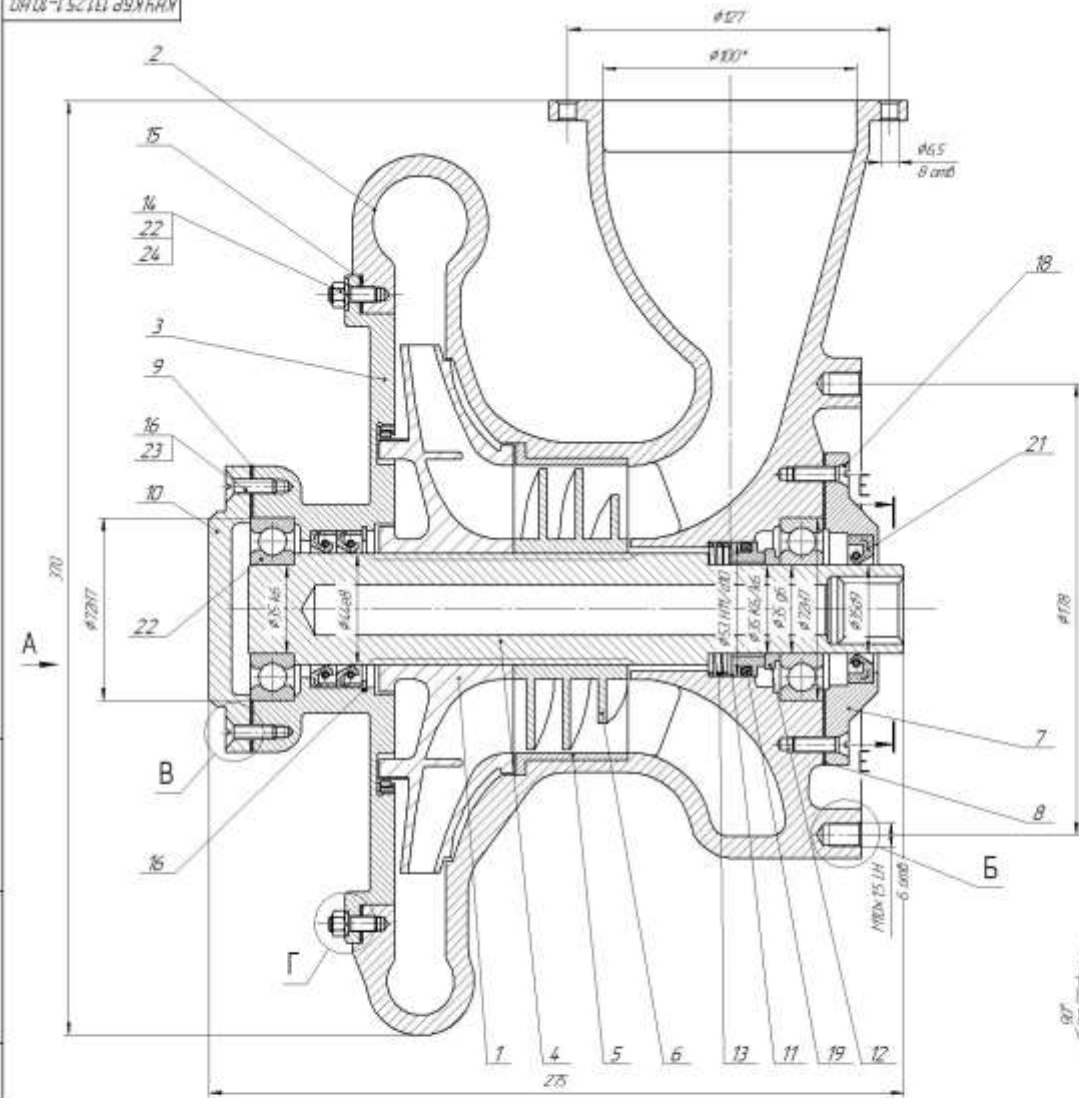
Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

Кривий Ріг
2025 р.

КНУКБР.13125.1-10.НО



Техническая характеристика

Наименование	Единица измерения	Значение
1. Производитель		0076 м³/с
2. Объем бака		2 10³ л
3. Тиск на бак		8,3 10³ Па
4. Тиск на бак		9500 ат/м²
5. Число отверстий		370х530х275 мм
6. Габариты бака		76 кг
7. Веса		

* - Размеры для справок

Техническая характеристика

1. Производитель

2. Объем бака

3. Тиск на бак

4. Тиск на бак

5. Число отверстий

6. Габариты бака

7. Веса

КНУКБР.13125.1-10.НО			
№	Имя	Дата	Страница
1	Имя	Дата	11
2	Имя	Дата	11
3	Имя	Дата	11
4	Имя	Дата	11
5	Имя	Дата	11
6	Имя	Дата	11
7	Имя	Дата	11
8	Имя	Дата	11
9	Имя	Дата	11
10	Имя	Дата	11
11	Имя	Дата	11
12	Имя	Дата	11
13	Имя	Дата	11
14	Имя	Дата	11
15	Имя	Дата	11
16	Имя	Дата	11
17	Имя	Дата	11
18	Имя	Дата	11
19	Имя	Дата	11
20	Имя	Дата	11
21	Имя	Дата	11
22	Имя	Дата	11
23	Имя	Дата	11
24	Имя	Дата	11
25	Имя	Дата	11

Період. застос.

Сторін. №

Підп. і дата

Інв. № змін

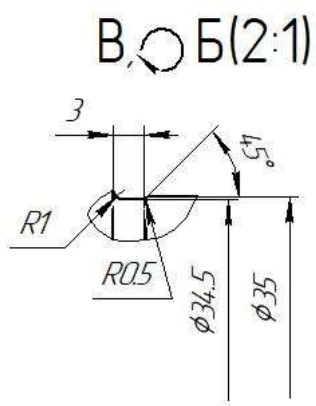
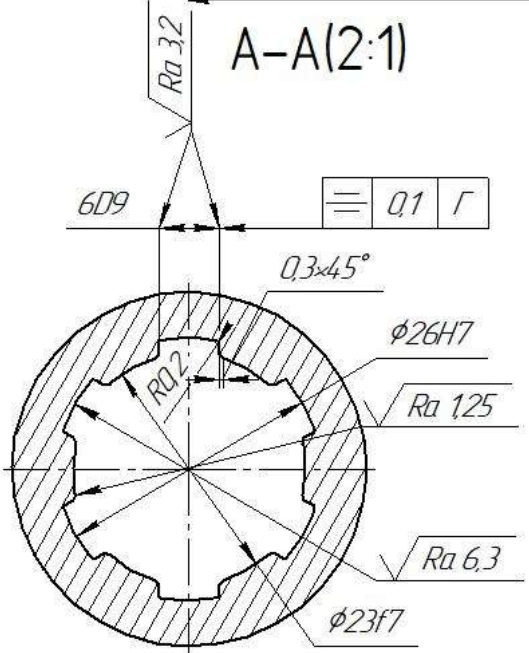
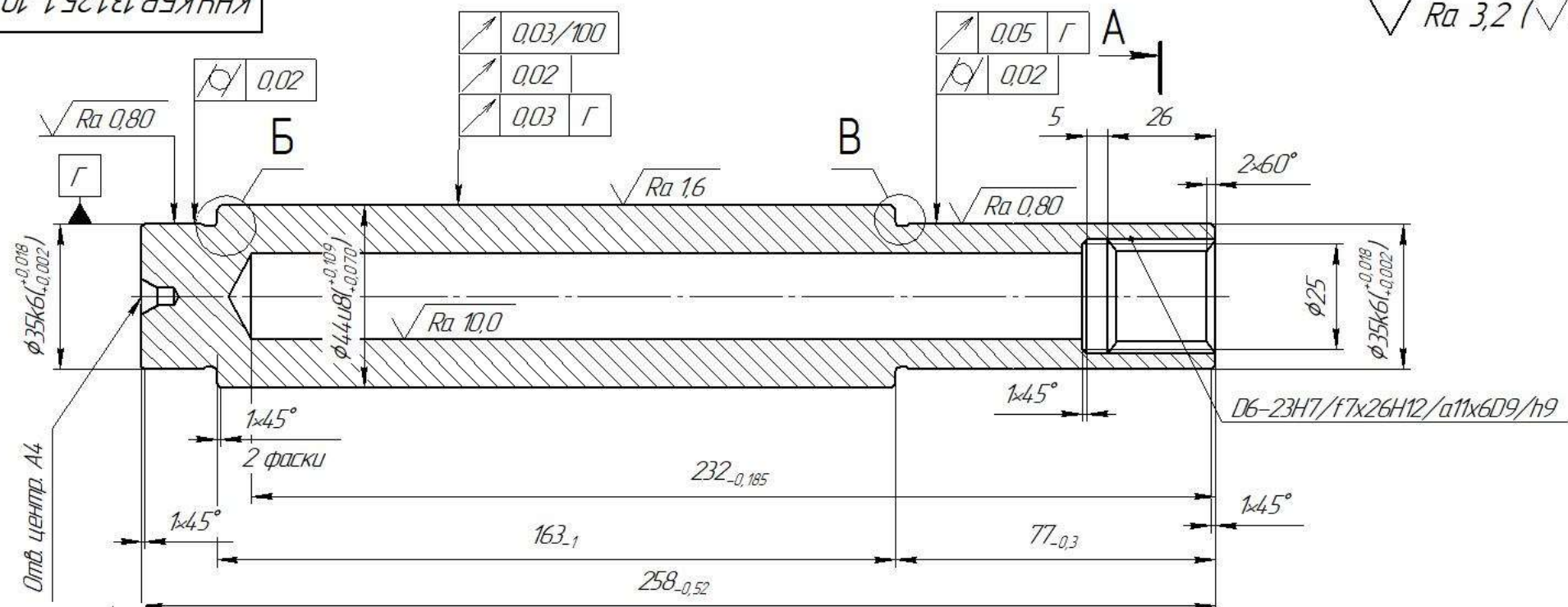
Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № ориг.

КНУ.КБР.131.25.1-10.В

$\sqrt{Ra\ 3,2\ (\checkmark)}$



1. HRC 285... 344.
2. Не вказані граничні відхилення розмірів отворів H14, валів h14, інші $\pm \frac{IT14}{2}$.
3. Провести поверхневий наклеп посадкових місць підшипників.

					КНУ.КБР.131.25.1-10.В				
					Вал	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підп.	Дата		Н		25	1:1
Розроб.	Кепша								
Перев.	Бондар								
Т.контр.						Арк-ш	Арк-ш 1		
Керів.									
Н.контр.	Нечасів				Х8СгNi25-21				
Затв.	Рязанцев				ДСТУ EN 10088-1:2008				
					Кафедра ТМ				
					гр. ПМ-21				
					Копіював				
					Формат А3				

Перб. застос.

Спроб. №

Підп. / дата

Інб. № змін

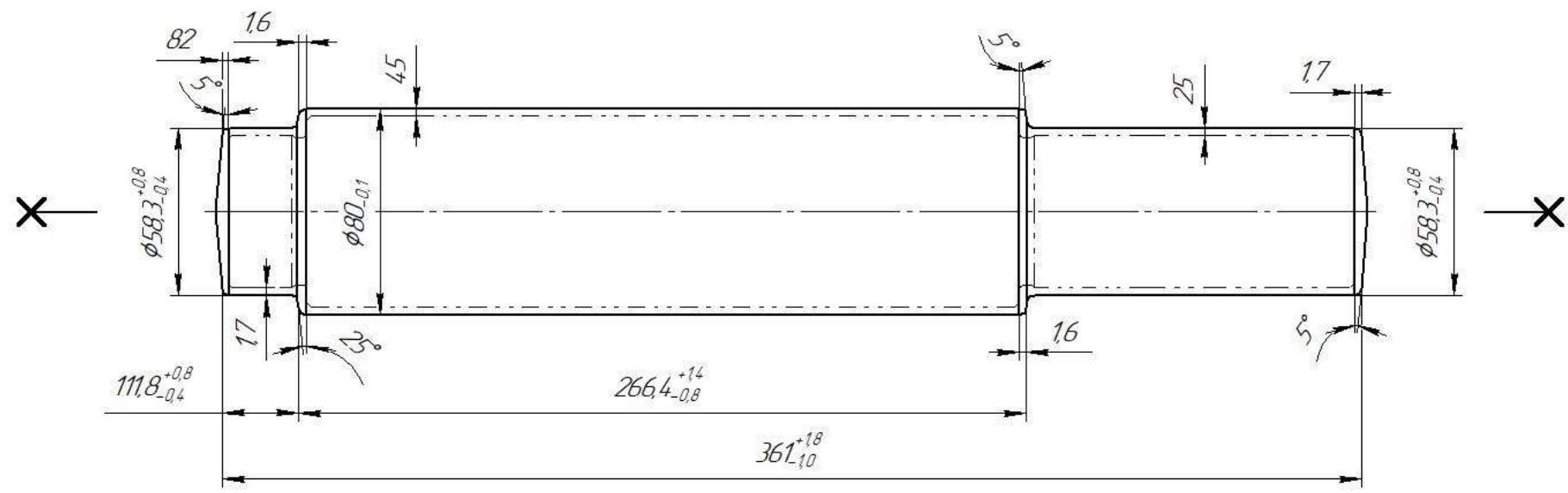
Взам. інб. №

Підп. / дата

Інб. № ориг.

КНУ.КБР.131.25.1-10.В3

✓ Ra 20 (✓)



1. Гр. II HRC 20,3– 23,1 згідно стандарту
2. Ступінь складності кованки С1.
3. Клас точності кованки Т4, вихідний індекс 9 згідно стандарту
4. Невказані радіуси скруглень r 2... 4 мм.

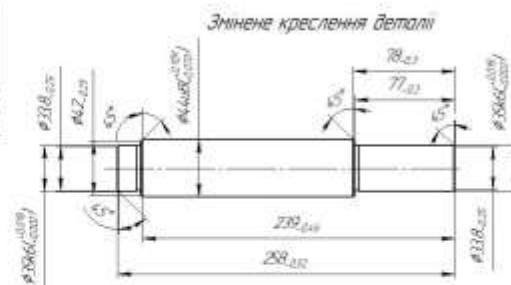
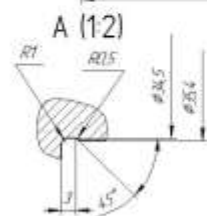
					КНУ.КБР.131.25.1-10.В3				
					Вал (заготовка)	Лит.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ док-м.	Підп.	Дата		Н		3.2	1:1
Розроб.	Келша								
Перев.	Бондар								
Т.контр.						Аркцш		Аркцш	1
Керів.					Круг φ48 _{g1} ДСТУ 8608:2015 ХВГ-N25-21 ДСТУ EN 10088-12008	Кафедра ТМ			
Н.контр.	Нечас					гр. ПМ-21			
Затв.	Рязанцев								
					Копіював	Формат А3			

						КНУКБР.13125.1-10.С370		
						Структура та зміст технологічних операцій		
№	код	Назва	Відомості			№	код	Назва
1	01	Введення				1	01	Введення
2	02	Введення				2	02	Введення
3	03	Введення				3	03	Введення
4	04	Введення				4	04	Введення
5	05	Введення				5	05	Введення
6	06	Введення				6	06	Введення
7	07	Введення				7	07	Введення
8	08	Введення				8	08	Введення
9	09	Введення				9	09	Введення
10	10	Введення				10	10	Введення
11	11	Введення				11	11	Введення
12	12	Введення				12	12	Введення
13	13	Введення				13	13	Введення
14	14	Введення				14	14	Введення
15	15	Введення				15	15	Введення
16	16	Введення				16	16	Введення
17	17	Введення				17	17	Введення
18	18	Введення				18	18	Введення
19	19	Введення				19	19	Введення
20	20	Введення				20	20	Введення
21	21	Введення				21	21	Введення
22	22	Введення				22	22	Введення
23	23	Введення				23	23	Введення
24	24	Введення				24	24	Введення
25	25	Введення				25	25	Введення
26	26	Введення				26	26	Введення
27	27	Введення				27	27	Введення
28	28	Введення				28	28	Введення
29	29	Введення				29	29	Введення
30	30	Введення				30	30	Введення
31	31	Введення				31	31	Введення
32	32	Введення				32	32	Введення
33	33	Введення				33	33	Введення
34	34	Введення				34	34	Введення
35	35	Введення				35	35	Введення
36	36	Введення				36	36	Введення
37	37	Введення				37	37	Введення
38	38	Введення				38	38	Введення
39	39	Введення				39	39	Введення
40	40	Введення				40	40	Введення
41	41	Введення				41	41	Введення
42	42	Введення				42	42	Введення
43	43	Введення				43	43	Введення
44	44	Введення				44	44	Введення
45	45	Введення				45	45	Введення
46	46	Введення				46	46	Введення
47	47	Введення				47	47	Введення
48	48	Введення				48	48	Введення
49	49	Введення				49	49	Введення
50	50	Введення				50	50	Введення
51	51	Введення				51	51	Введення
52	52	Введення				52	52	Введення
53	53	Введення				53	53	Введення
54	54	Введення				54	54	Введення
55	55	Введення				55	55	Введення
56	56	Введення				56	56	Введення
57	57	Введення				57	57	Введення
58	58	Введення				58	58	Введення
59	59	Введення				59	59	Введення
60	60	Введення				60	60	Введення
61	61	Введення				61	61	Введення
62	62	Введення				62	62	Введення
63	63	Введення				63	63	Введення
64	64	Введення				64	64	Введення
65	65	Введення				65	65	Введення
66	66	Введення				66	66	Введення
67	67	Введення				67	67	Введення
68	68	Введення				68	68	Введення
69	69	Введення				69	69	Введення
70	70	Введення				70	70	Введення
71	71	Введення				71	71	Введення
72	72	Введення				72	72	Введення
73	73	Введення				73	73	Введення
74	74	Введення				74	74	Введення
75	75	Введення				75	75	Введення
76	76	Введення				76	76	Введення
77	77	Введення				77	77	Введення
78	78	Введення				78	78	Введення
79	79	Введення				79	79	Введення
80	80	Введення				80	80	Введення
81	81	Введення				81	81	Введення
82	82	Введення				82	82	Введення
83	83	Введення				83	83	Введення
84	84	Введення				84	84	Введення
85	85	Введення				85	85	Введення
86	86	Введення				86	86	Введення
87	87	Введення				87	87	Введення
88	88	Введення				88	88	Введення
89	89	Введення				89	89	Введення
90	90	Введення				90	90	Введення
91	91	Введення				91	91	Введення
92	92	Введення				92	92	Введення
93	93	Введення				93	93	Введення
94	94	Введення				94	94	Введення
95	95	Введення				95	95	Введення
96	96	Введення				96	96	Введення
97	97	Введення				97	97	Введення
98	98	Введення				98	98	Введення
99	99	Введення				99	99	Введення
100	100	Введення				100	100	Введення

Номер / назва операції	Найменування / модель верстатів / пристосувань	Операційний ескіз	Номер / зміст паровидів та устаткування	Різальні інструменти	Випробувальні інструменти / контрольні засоби
035 Знаходження	ОНЗ 5.10.3/4- пч.модуль Токарні – абразивний верстат мод. 16A20 цифра керує згідно стандарту		1. Нагрів до 1100° С, витримка в печі, охолодження в масляній вані. 2. Значити поверхні 1, 2 подерев'яні наковалі, методом обдівки розкати НРС 65, 50.	Резак 6640-0031 згідно стандарту	1. Термометр ТР 5006 2. Мікрометр МК 50-1 згідно стандарту
040 Проходження	Вертикально- протигравальний верстат мод. 74733 ліваго верстатні 7200 – 0201 згідно стандарту		Введення: закріпити на зм'яг діалю. 1. Прокати шпильку отвір 1 напівністю 2. Прокати шпильку отвір 1	1. Прокатна шпилька 26H7-0931 8 згідно стандарту 2. Прокатна шпилька 26H7-0931 8 згідно стандарту	Контроль шпильки 8311-0417 (Р.Н) згідно стандарту
045 Круглошліфування	Круглошліфувальний верстат мод. 311534 підважний патрон 652-0169 згідно стандарту центр шлідується А-4-4Н згідно стандарту		Введення: закріпити на зм'яг діалю. 1. Шліфувати поверхню 1 напівністю	1. Круг 100P5045x55 26.4 40H 012 5 K8 згідно стандарту	1. Контроль шліду 8311-0257 K6 згідно стандарту 2. Зразки шлідування Ra 0.80 згідно стандарту
055 Круглошліфування	Круглошліфувальний верстат мод. 311534 підважний патрон 652-0169 згідно стандарту центр шлідується А-4-4Н згідно стандарту		Введення: закріпити на зм'яг діалю. 1. Шліфувати поверхню 1 напівністю	1. Круг 100P5045x55 26.4 40H 012 5 K8 згідно стандарту	1. Контроль шліду 8311-0257 K6 згідно стандарту 2. Зразки шлідування Ra 0.80 згідно стандарту
060 Мийка	Мийна машина Fortima 750		1. Прокати діалю, розкати печення наковалі, обдівка 1 60±5° С. 2. Атмосферна сушка		
065 Контролювання	Спец. БТК 1269 – 6354		Контролювання розміру діалю згідно креслення КНУКР.13125-10.370		1. Штангенциркуль ШН-300-0-01 ВСТУ ІН ISO 13085-12018 2. Штангенциркуль ШН-300-0-0105 ВСТУ ІН ISO 13085-12018 3. Лінійка-300 згідно стандарту 4. Термометр Рандевін ТР 5006 згідно стандарту 5. Мікрометр МК 50-1 згідно стандарту 6. Шліфковий факторний степ. 0000-0154 7. Контроль шліду 8311-0257 K6 8. Контроль шліду 8311-0417 (Р.Н) згідно стандарту

$\Delta T_{шт.к} = 7,02 \text{ хв.}$

Розрахунково-технологічна карта
для верстата з ЧПК моделі 16K20T1



Операція 030. Токарна з ЧПК
Перехід № 2

Операція 030. Токарна з ЧПК
Перехід № 1

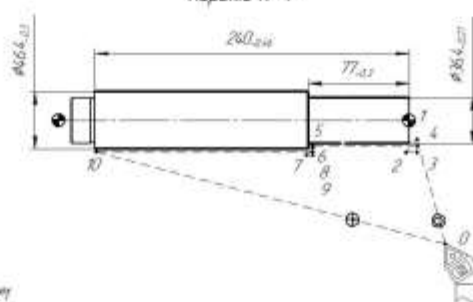


Таблица 3. Прогнозы объема перевозок №1

Вид инструмента	№ инструмента	Количество параметров	Глубина резания	Резчик		Экст. параметры
				S м/с	V м/с	
Резец пластмассы	2	2	2	0,25	600	Точный

Операція 030. Токарна з ЧПК
Перехід № 3

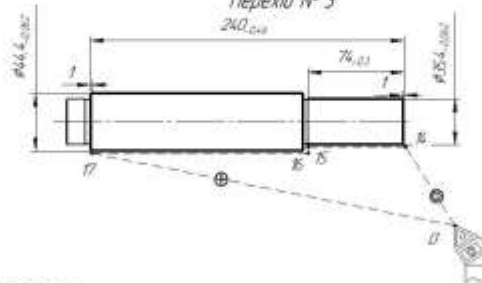


Таблица 6. Температурный эффект при перегреве МЭ

Вид инструмента	№ инструмента	Количество параметров	Глубина резания	Результ		Эксп. параметры
				S м/с	V м/с	
Резец (продольный)	1	1	2	0,12	594	Правильно

Операція 030. Токарна з ЧПК
Перехід № 2

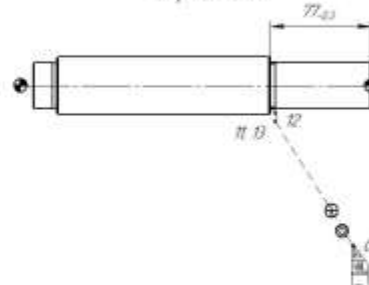


Таблица 5. Параметры обработки переключки №2

Вид инструмента	№ инструмента	Количество паронитов	Глубина резания	Протон		Знак паронита
				S _к	V _к /S _к	
Резец (картинка)	3	1	0,5	0,3	100	Полный

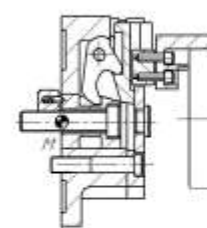


Схема розміщення деталі на верстаті
деталь показана умовно

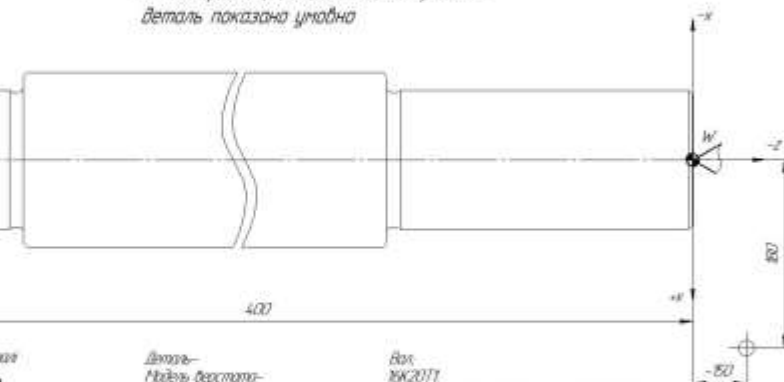


Таблица 1. Кислотность и другие параметры в кластере «Восток»

Классы матриц	Матр. примитивн.	Матр. диагональн.	Матр. дефектн.
X_0	«0»	—	—
Y_0	—	—	—
Z_0	«50»	—	—
X_1	—	—	0
Y_1	—	—	—
Z_1	—	—	0
X_2	—	0	—
Y_2	—	—	—
Z_2	—	«100»	—

Девон-
Медель Бергман-
Мителен Девон-

Box
19K2071
Cope: X80 N25-21 ACT4 EN 10084-12008

Таблица 2. Координаты точек сетки при описании деформации

Пример	Итого	X	Z
Точные счета	1	$5.3_{-0.25}$	-1
	2	$5.3_{-0.25}$	2
	3	$5.3_{-0.25}$	-1
	4	$5.2_{-0.21}$	-1
	5	$5.2_{-0.21}$	$77_{(0.3)}$
	6	$21.5_{(0.7)}$	$77_{(0.3)}$
	7	$23.5_{(0.5)}$	$79_{(0.3)}$
	8	$23.5_{(0.5)}$	$76_{(0.3)}$
	9	$25.3_{(0.7)}$	$76_{(0.3)}$
	10	$25.3_{(0.7)}$	$24.05_{(0.4)}$
Точные континг	11	$5.5_{(0.21)}$	$77_{(0.3)}$
	12	$18.25_{(0.7)}$	$77_{(0.3)}$
	13	$5.5_{(0.21)}$	$77_{(0.3)}$
Точные числа	14	$18.7_{(0.6)}$	-1
	15	$13.7_{(0.6)}$	$74.5_{(0.3)}$
	16	$25.2_{(0.6)}$	$74.5_{(0.3)}$
	17	$25.2_{(0.6)}$	$24.05_{(0.4)}$

Maximum daily instrumentals

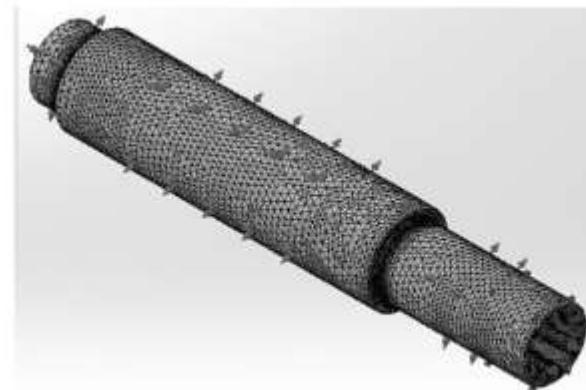
Рис. 10 — 3-4-2-3-0

Изда: правдику напѣвостовиду: 3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14

Результаты: $0-8-5-2-0$

Результаты исследований – 0-17-18-19-20-0

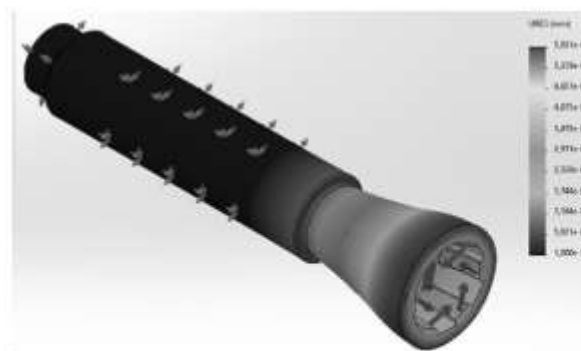
[illegible]



Сетка концевих елементів



Епока деформациі для моделі



Екюра переміщення матеріалу під дією навантажень

— 1998

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

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

(підпис)

(дата)

ЗАВДАННЯ **на кваліфікаційну бакалаврську роботу**

Здобувач гр. ПМ-21 Кепша Владислав Валерійович

1. Тема: Підвищення ефективності технологічних процесів виготовлення деталі «Вал» насоса окиснювача з використанням обладнання з ЧПК та CAD/CAE/CAM технологій

Керівник проекту: доц., к.т.н. Бондар О.В..

Затверджена наказом по КНУ № 45с від «16» січня 2025 р.

2. Термін подання здобувачем закінченої роботи 07 червня 2025 р.

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

4. Зміст пояснювальної записки: 1. Характеристика і службове призначення вузла і деталі. 2. Технологічна підготовка виробництва деталі. 3. Проектування та інженерний аналіз деталі. 4. Організаційно-економічна підготовка виробництва.

5. Перелік графічного матеріалу: 1. Складальне креслення вузла. 2. Вал. 3. Технологічний процес. 4. Результати обчислення вала у SW Simulation.

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	20.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	12.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	15.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі	19.03.2025
5.	Креслення деталі (A2-A4)	30.03.2025

6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі	07.04.2025
7.	Вибір верстатів та інструментів	10.04.2025
8.	Розробка технологічного процесу обробки деталі	15.04.2025
9.	Розробка конструкції та інженерний розрахунок вала (A2)	20.04.2025
10.	Організаційно-економічна підготовка виробництва	10.05.2025
11.	Висновки	15.05.2025
12.	Оформлення РПЗ і перевірка на доброчесність	25.05.2025
13.	Попередній захист	10.06.2025

Дата видачі завдання: «26» лютого 2025 р.

Завдання видав керівник КБР _____ / Бондар О.В. /

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Кепша В.В. /