

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 технологічної підготовки виробництва деталі «Вал-шестерня» коробки передач із використанням обладнання з ЧПК та CAD/CAE-технологій

Виконав: здобувач
групи ПМ-21
Поважний О.С.
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 технологічної підготовки
виробництва деталі «Вал-шестерня» коробки передач із використанням
обладнання з ЧПК та CAD/CAE-технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Поважний О.С.

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.131.25.1-18.ПЗ	Пояснювальна записка	48	
			<u>Графічні матеріали</u>		
2	A0	КНУ.КБР.131.25.1-18.КПСК	Коробка передач (складальне креслення)	1	
3	A3	КНУ.КБР.131.25.1-18.В	Вал	1	
4	A3	КНУ.КБР.131.25.1-18.ВШКШ	Вал (заготовка)	1	
5	A1	КНУ.КБР.131.25.1-18.ТП	Структура та зміст технологічних операцій обробки вала- шестерні	2	
6	A1	КНУ.КБР.131.25.1-18.АЕПР	Аналіз ефективності проектних рішень	1	
7	A1	КНУ.КБР.131.25.1-18.КП	Контрольне пристосування	1	

					КНУ.КБР.131.25.1-18.ВМКБР					
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						
Розроб.	Побажний									
Перевір.	Бондар									
Н. контр.	Нечаєв									
Затверд.	Рязанцев									
					Літ.		Арк.		Аркушів	
					Відомість матеріалів КБР					
					Кафедра ТМ гр. ПМ-21					

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Технічна характеристика коробки передач і вала.....	8
1.2 Аналіз параметрів точності деталі.....	9
1.3 Вибір матеріалу	11
1.4 Режим роботи цеху.....	12
1.5 Характеристика програми та визначення типу виробництва	14
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	16
2.1 Аналіз технологічності складального вузла і деталі	16
2.1.1 Аналіз технологічності коробки передач	16
2.1.2 Аналіз технологічності вала-шестерні.....	17
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення вала-шестерні.....	18
2.3 Аналіз методів одержання заготовок	18
2.4 Розробка маршрутів виготовлення деталі вал-шестерня	21
2.5 Розробка структури та змісту технологічних операцій.....	25
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	29
3.1 Дизайн випробування вала-шестерні у CAE-системі.....	29
3.2 Інтерпретація результатів отриманих у SolidWorks Simulation	31
3.3 Розроблення конструкції контрольного пристосування	34
4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА	36
4.1 Охорона праці та екологія виробництва	36
4.1.1 Шкідливі/небезпечні фактори на виробництві	36
4.1.2 Засоби та заходи для зменшення/усунення дії шкідливих/небезпечних факторів на виробництві.....	39
4.2 Економічний розрахунок ефективності	43
ВИСНОВКИ.....	47
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	48
ДОДАТОК А.....	51
ДОДАТОК Б	54

					КНУ.КБР.131.25.1-18.3									
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата										
Розроб.		Поважний			Зміст				Літ.		Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар												
Н. контр.		Нечаєв												
Затверд.		Рязанцев			Кафедра ТМ гр. ПМ-21									

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної бакалаврської роботи охоплює 48 сторінок тексту, містить 10 ілюстрацій, 13 таблиць та 6 аркушів графічної частини.

Метою проєкту є удосконалення базових технологічних процесів шляхом заміни застарілого універсального обладнання на сучасні верстати з числовим програмним керуванням. У межах роботи також передбачається аналіз конструкції деталі типу "вал" з позиції її стійкості до навантажень, що дозволяє здійснити оцінку її надійності в аварійних експлуатаційних умовах.

У першому розділі представлено об'єкт дослідження — деталь, обґрунтовано вибір матеріалу, визначено її функціональне призначення, а також охарактеризовано конструкцію вузла, до складу якого вона входить, із наведенням основних технічних параметрів. Другий розділ присвячено опису типового технологічного маршруту та розробленню спеціалізованого технологічного процесу виготовлення деталі з використанням верстатів із числовим програмним керуванням. У третьому розділі здійснено інженерні розрахунки за допомогою САЕ-системи SolidWorks Simulation, зокрема виконано статичний аналіз деталі типу вал. Проведено інтерпретацію результатів розрахунків, побудовано епюри напружень і деформацій, а також сформульовано рекомендації щодо підвищення експлуатаційних характеристик деталі. Четвертий розділ присвячено аналізу факторів виробничого середовища, що впливають на безпеку праці, наведено відповідні заходи охорони праці та виконано розрахунок економічної доцільності організації виробництва.

ВАЛ, ВАЛ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ, ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ, ІНЖЕНЕРНІ РОЗРАХУНКИ В САЕ.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-18.Р</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Поважний</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>						

ABSTRACT

The explanatory report accompanying the bachelor's qualification thesis comprises 48 pages of text, including 10 figures, 13 tables, and 6 sheets of graphical materials.

The objective of the project is to improve conventional technological processes by replacing outdated general-purpose equipment with modern computer numerical control (CNC) machines. The project also involves structural analysis of a shaft-type component in terms of its load-bearing capacity, enabling the evaluation of its reliability under emergency operating conditions.

The first chapter presents the object of study—a mechanical component—justifies the selection of material, defines its functional purpose, and provides a description of the assembly in which the component operates, including its key technical specifications. The second chapter outlines the standard manufacturing route and proposes a dedicated technological process for producing the component using CNC machinery. The third chapter contains engineering calculations performed with the CAE system SolidWorks Simulation, specifically focusing on a static analysis of the shaft. The results of the analysis are interpreted, stress and strain distributions are visualized, and recommendations are provided for enhancing the component's operational performance. The fourth chapter addresses workplace safety by analyzing key factors of the production environment, detailing occupational safety measures, and evaluating the economic efficiency of the proposed manufacturing setup.

SHAFT, TRANSMISSION SHAFT, MANUFACTURING TECHNOLOGY, ENGINEERING ANALYSIS IN CAE SYSTEMS.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-18.Р</i>	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Машинобудівна галузь відіграє ключову роль у структурі національного господарства, забезпечуючи фундамент для його стійкого розвитку та модернізації. Вона є центральною ланкою в системі міжгалузевих зв'язків, оскільки постачає технічні засоби практично для всіх сфер економіки — від добувної до високотехнологічної промисловості. Науково-технічний прогрес у сфері технології машинобудування є визначальним чинником підвищення ефективності промислового виробництва, оскільки саме завдяки його досягненням стає можливим створення інноваційних технологічних процесів, удосконалення методів обробки матеріалів, впровадження високоефективних інструментальних систем, а також застосування сучасного виробничого обладнання. Сучасні технічні рішення включають широке використання автоматизованих та механізованих систем, що не лише оптимізують виробничі процеси, а й забезпечують підвищення продуктивності праці, скорочення частки ручної праці та покращення загальних економічних показників підприємств. Таким чином, технологічне оновлення в машинобудуванні виступає не лише інструментом підвищення технічного рівня виробництва, а й потужним чинником забезпечення конкурентоспроможності національної економіки в умовах глобалізації.

Технологія машинобудування характеризується низкою специфічних рис, що вирізняють її серед інших прикладних наукових дисциплін. Вона сформувалася як наука у відповідь на потреби індустріального розвитку, що зумовило її практичну спрямованість та тісний зв'язок із виробничими процесами. Попри прикладний характер, ця галузь знань має ґрунтовну теоретичну основу, яка охоплює як фундаментальні положення механіки, матеріалознавства й термодинаміки, так і сучасні досягнення в галузі інформаційних технологій,

					КНУ.КБР.131.25.1-18.В					
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						
Разроб.		Поважний			Вступ			Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Бондар								
Н. контр.		Нечаєв						Кафедра ТМ гр. ПМ-21		
Затверд.		Рязанцев								

автоматизації та управління. Технологія машинобудування є комплексною інженерною дисципліною, яка інтегрує знання з різних галузей науки і техніки, що дозволяє ефективно вирішувати задачі, пов'язані зі створенням, удосконаленням та впровадженням виробничих процесів. Водночас вона залишається однією з відносно молодих галузей наукових досліджень, інтенсивний розвиток якої зумовлений динамічними змінами у технічному забезпеченні та виробничій інфраструктурі.

Одним із найскладніших і найтрудомісткіших етапів у технологічному ланцюгу виготовлення машин є процес механічної обробки деталей на металорізальних верстатах. Цей процес вимагає не лише високоточного обладнання, а й оптимального підбору режимів різання, інструментів і технологічної оснастки, що забезпечують необхідні параметри якості обробленої поверхні та геометричну точність виробів. Саме ефективна організація механічної обробки значною мірою визначає загальну продуктивність і економічну доцільність виробничого процесу в машинобудуванні.

Системи автоматизованого проєктування (САПР), зокрема CAD (Computer-Aided Design) і CAE (Computer-Aided Engineering), відіграють ключову роль у сучасному конструкторсько-технологічному забезпеченні виробництва. Їх впровадження у контексті конструкторсько-бюро робіт (КБР) не лише доцільне, а й фактично необхідне для забезпечення високої швидкості та точності розробки проєктної і технологічної документації. Завдяки інтеграції САПР-систем в інженерний процес стає можливим значне скорочення часу на розробку виробів, покращення якості технічних рішень, а також підвищення рівня уніфікації та стандартизації проєктних рішень.

Сучасні CAD- і CAE-програми активно використовуються у машинобудівній галузі для моделювання геометрії виробів, аналізу їхніх фізико-механічних характеристик, оцінки міцності, динаміки та інших параметрів, що критично важливо на етапах дослідження, оптимізації та валідації проєктів. Ці системи забезпечують безперервність цифрового потоку даних між етапами проєктування, розрахунків і підготовки до виготовлення, що сприяє зменшенню кількості

					КНУ.МВР.131.25.1-18.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

помилку, покращенню комунікації між підрозділами підприємства та загальному підвищенню ефективності виробничих процесів. Таким чином, інтеграція САД- і САЕ-технологій є не лише сучасною тенденцією, а й необхідною умовою конкурентоспроможності машинобудівних підприємств у високотехнологічному виробничому середовищі.

У дипломному проєкті передбачається розроблення технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня. Експлуатаційні характеристики цієї деталі зумовлюються не лише її конструктивними особливостями, але й значною мірою визначаються технологічними умовами виробництва, починаючи з вибору способу одержання заготовки й завершуючи контрольними операціями. У процесі проєктування необхідно обґрунтувати вибір варіанта технологічного процесу, відповідного устаткування, оснащення та методу виготовлення заготовок, спираючись на результати техніко-економічного аналізу. Такий підхід дає змогу визначити найбільш раціональне технологічне рішення, а також передбачити організаційні й технічні заходи з охорони праці та забезпечення безпеки виробництва.

					КНУ.МВР.131.25.1-18.В	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Технічна характеристика коробки передач і вала

Двошвидкісна коробка передач передбачена для експлуатації в приводних системах конвеєрів, стрічкових транспортерів та інших механізмів, що потребують регулювання швидкості передавання обертового моменту. Її конструкція включає дві пари зубчастих коліс і зубчасту муфту, яка, переміщуючись уздовж шліцьового вала, забезпечує можливість передавання крутного моменту як безпосередньо з вхідного вала на вихідний, так і через проміжний вал залежно від обраного режиму роботи.

Таблиця 1.1 – Основні властивості

Назва характеристики на швидкохідному валу	Кількість
Потужність, кВт	5,5
Частота обертання, об/хв	965
Передавальне число:	
1-а передача	1
2-а передача	4
Частота, об/хв	
1-а передача	241,25
2-а передача	965
Маса, кг	16,5

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-18.01.34</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Загальна частина</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Поважний</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>						

1.2 Аналіз параметрів точності деталі

Задана деталь – вал-шестерня зі шпонковим пазом. Під час виготовлення вала-шестерні підвищені вимоги пред'являються до якості зовнішніх циліндричних поверхонь та геометричної точності зубчастого зачеплення, що зумовлено необхідністю забезпечення високої зносостійкості та надійності під час експлуатації (рис. 1.1, 1.2).

Результати проведення аналізу точності деталі наведено у таблиці 1.2.

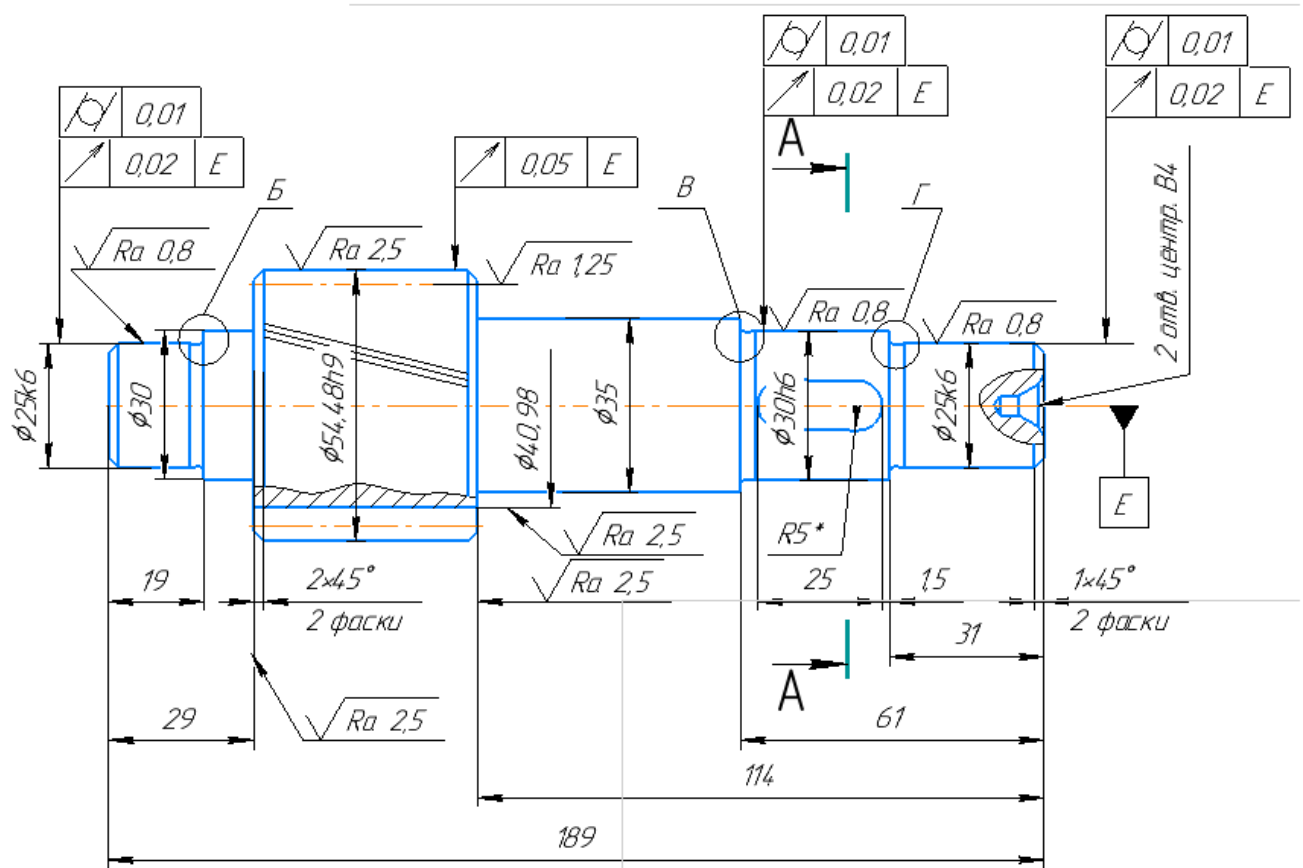


Рисунок 1.1 – Крелення вала-шестерні

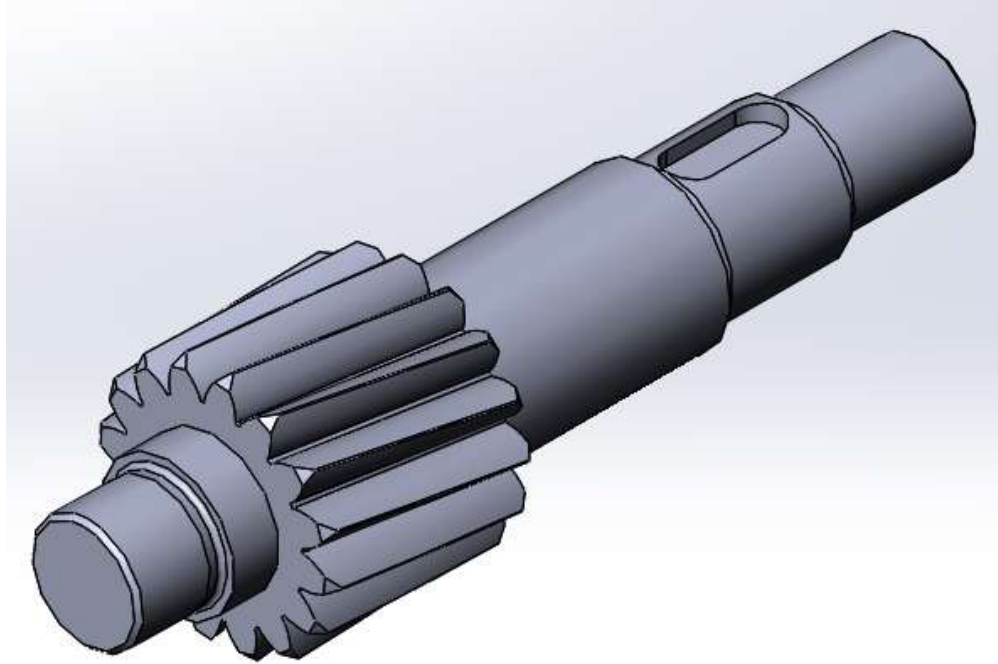
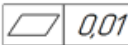
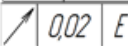
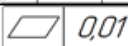
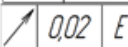
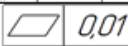
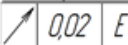


Рисунок 1.2 – 3Dмодель вала-шестерні

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності поверхонь деталі

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхил.	Квалітет точності	Точність		Шорст R_a , мкм
				Форми	Розташ.	
1	Торець	189	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
2	Торець	189	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
3	Циліндрична	$\varnothing 25k6$	6	 0,01  0,02 E	-	0,8
4	Циліндрична	$\varnothing 25k6$	6	 0,01  0,02 E	-	0,8
5	Циліндрична	$\varnothing 30h6$	6	 0,01  0,02 E	-	0,8
6	Циліндрична	$\varnothing 35$	h14	-	-	3,2
7	Циліндрична	$\varnothing 30$	h14	-	-	3,2
8	Зубці	$\varnothing 54,48h9$	9	-	-	2,5
9	Циліндрична	$\varnothing 4$	h14	-	-	3,2
10	Фаска	1x45	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
11	Торець	114	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2

12	Торець	29	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
13	Торець	61	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
14	Фаска	2x45	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
15	Торець	31	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	3,2
16	Шпонковий паз	8N9	9	-	-	3,2

У результаті проведеного аналізу параметрів точності деталі встановлено, що показники шорсткості поверхні відповідають нормативним вимогам до заданого класу точності.

1.3 Вибір матеріалу

Якісні сталі знаходять широке застосування в галузях машинобудування та приладобудування завдяки можливості регулювання їхніх механічних і технологічних властивостей шляхом варіювання вмісту вуглецю та відповідної термічної обробки. Середньовуглецеві сталі марок 30 – 50, а також аналогічні сталі з вмістом марганцю близько 1% або хрому, зокрема 40Г і 40Х після нормалізації, характеризуються підвищеною міцністю, що супроводжується зниженням в'язкості та пластичності. Вибір типу термічної обробки для таких сталей здійснюється з урахуванням умов експлуатації виготовлених з них деталей; зокрема застосовують нормалізацію, поліпшення, гартування з низьким відпусканням, а також високочастотне гартування.

Зазначені сталі використовуються переважно для виготовлення деталей невеликих розмірів, таких як вали, шатуни, зубчасті колеса та інші елементи, що зазнають циклічних навантажень. У разі використання в масивних деталях із великими поперечними перерізами спостерігається зниження механічних властивостей через недостатню гартівність. Як альтернатива якісній конструкційній сталі може використовуватися легована конструкційна сталь, яка

					КНУ.КБР.131.25.1-18.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

забезпечує покращення механічних характеристик, проте призводить до зростання вартості виготовлення деталі.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та властивості матеріалу

Сталь	σ_b , МПа	σ_t , МПа	КС, кДж/ м ²	Масова частка хімічних елементів, %							
				C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
40X	980	640	59	0,36- 0,44	0,17- 0,37	0,5-0,8	0,8-1,0	0,3	0,02	0,03	0,2
45	590- 730	490	49	0,42- 0,50	0,17- 0,37	0,5-0,8	0,25	0,3	0,04	0,035	0,2

1.4 Режим роботи цеху

Процес вибору режиму роботи цеху охоплює визначення кількості змін та передбачає обчислення фактичного річного фонду часу, необхідного як для експлуатації виробничого обладнання, так і для забезпечення трудової участі працівників відповідних категорій. Це рішення є важливою складовою етапу планування виробничої діяльності, оскільки воно безпосередньо впливає на обсяг продукції, що може бути виготовлений за певний період, і на ефективність використання ресурсів. Врахування обраного режиму функціонування підприємства дозволяє більш точно встановити календарні та ефективні фонди часу для обладнання, робітників основного і допоміжного виробництва, що, у свою чергу, є підґрунтям для побудови виробничих графіків і розрахунку виробничої програми. Коректне визначення режиму роботи цеху забезпечує раціональне завантаження виробничих потужностей і оптимальне використання трудових ресурсів. Це також сприяє узгодженості між плановими обсягами виробництва та наявними техніко-організаційними можливостями підприємства.

За п'ятиденного робочого тижня ефективний річний фонд часу роботи одного верстата обчислюється на основі нормативної кількості робочих днів у календарному році, тривалості однієї зміни та коригується з урахуванням

					КНУ.КБР.131.25.1-18.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

планових простоїв, регламентованих перерв, а також інших факторів, що знижують фактичний час продуктивної роботи обладнання:

$$FD.B. = [(365-NB.D.-NC.D.) \cdot 8,2-NП.C.D. \cdot 1] \cdot z \cdot kр, \quad (1.1)$$

де NB.D. = 104 - кількість вихідних днів; NC.D. = 8 - кількість святкових днів; NП.C.D. = 5 – кількість передсвяткових днів; z = 2 – кількість змін роботи верстата; kр = 0,95...0,97 – коефіцієнт часу перебування верстата в ремонті.

Підставивши числові значення у відповідну формулу, отримуємо результат, який відображає ефективний річний фонд часу роботи верстата з урахуванням встановлених виробничих умов та прийнятого режиму експлуатації:

$$FD.B. = [(365-104-8) \cdot 8,2-5 \cdot 1] \cdot 2 \cdot 0,95=3932 \text{ год.}$$

Розрахунок ефективного річного фонду часу роботи верстатника здійснюється за формулою, яка базується на календарному фонді робочого часу з урахуванням кількості робочих днів у році, тривалості щоденної зміни та коригується на коефіцієнти втрат часу, пов'язаних з внутрішньозмінними перервами, вихідними, святковими днями й іншими організаційно-технічними факторами, що впливають на фактичну зайнятість працівника:

$$FD.B. = [(365-NB.D.-NC.D.) \cdot 8,2-NП.C.D. \cdot 1] \cdot z \cdot kн, \quad (1.2)$$

де kн – коефіцієнт, який ураховує використання фонду часу через неявку на роботу:

$$kн = (100-CH)/100 = (100-10)/100 = 0,9$$

де CH = 9...12% (відпустки – 5%; захворювання – 2%; державні і суспільні обов'язки – 0.5%; учнівські відпустки – 1%; перерви матерів для годування дітей – 0.5%). В розрахунках приймаємо CH = 10%.

У результаті підстановки конкретних числових значень у формулу визначення ефективного річного фонду часу роботи верстатника отримано розрахунковий показник, що характеризує реальний обсяг робочого часу, доступного для виконання виробничих завдань протягом року:

$$FD.B. = [(365-104-8) \cdot 8,2-5 \cdot 1] \cdot 0,9 = 1863 \text{ год.}$$

Усі розрахунки узагальнені та подані у таблиці 1.4.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Дійсні річні фонди часу

Назва	Змінність праці	Номінальний річний фонд часу, год.	Коефіцієнт простою обладнання в ремонті	Тривалість відпустки	Дійсний річний фонд часу
Обладнання	2	4139	0,95	—	3940
Автоматичн і лінії	—	—	—	—	—
Робочі місця	2	4147	—	—	4147
Робітники	1	2070	—	24	1870

1.5 Характеристика програми та визначення типу виробництва

Відмінною рисою серійного виробництва, що надає йому техніко-економічних переваг порівняно з одиничним, є одночасний запуск у виробництво всієї партії деталей. Такий підхід забезпечує стабільну повторюваність операцій, що створює передумови для ефективного використання спеціалізованих пристроїв, ріжучого інструменту та засобів вимірювання. Залежно від послідовності виконання операцій, конфігурації розміщення технологічного обладнання, обсягів продукції та напрямку її переміщення в процесі виготовлення, розрізняють різні форми та методи організації технологічних процесів. Серед них виділяють групову та потокову форми організації.

Групова форма передбачає об'єднання виробів на основі спільних конструктивно-технологічних характеристик, спільного технологічного оснащення для виконання окремих або суміжних операцій, а також спеціалізацію робочих місць відповідно до цих ознак, що дозволяє підвищити рівень уніфікації та ефективності виробничого процесу.

Потокова форма організації виробництва характеризується спеціалізацією кожного робочого місця на виконання конкретної операції, що забезпечує узгоджене і ритмічне виконання всіх етапів технологічного процесу, орієнтуючись на такт випуску. Розташування робочих місць здійснюється відповідно до технологічної послідовності виконання операцій. В залежності від

					КНУ.КБР.131.25.1-18.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

різноманіття виготовленої продукції, потокова форма може бути організована як однономенклатурна або багатноменклатурна лінія. Однономенклатурна потокова лінія може функціонувати як однопотокова, коли всі операції виконуються виключно для одного типу виробу, або як багатопотокова, за якої на кожній технологічній позиції обробляються два чи більше найменувань продукції за уніфікованим технологічним процесом. Залежно від характеру переміщення виробу між технологічними операціями, такі лінії класифікуються як безперервні, коли обробка здійснюється без зупинок, або як переривчасті, у яких між окремими операціями відбуваються технологічні паузи.

Проектування за точною програмою вимагає ретельного розроблення технологічних процесів для кожної деталі із складанням технологічних карт та нормуванням часу на виконання окремих операцій.

Такий підхід вимагає значних часових витрат та залучення великої кількості спеціалістів через значний обсяг роботи. У межах цього дипломного проекту детально розроблено технологічний процес для двох основних деталей, тоді як інші враховуються за допомогою укрупнених показників. Виходячи з прийнятої ринкової потреби в 4000 коробок передач даної моделі на рік, встановлюється стабільна програма запуску продукції на тривалий період. Для ефективного планування розмірів цеху визначається суть виробничої програми та розраховується річний обсяг виробництва деталей, що формуватимуться на поточній лінії.

Визначимо програму запуску виробів:

$$N_{\text{зап}} = (N_{\text{вип}} + N_{\text{зч}}) \cdot (1 + k_{\text{бр}}), \quad (1.3)$$

де $N_{\text{вип}}$ - річна програма випуску виробів, тис. од; $N_{\text{зч}}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од; $k_{\text{бр}}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, що не можливо уникнути, рівний 2-3% від сумарної кількості виробів, які складають програму випуску та, які йдуть на запчастини.

Розрахуємо і призначимо тип виробництва – середньосерійний:

$$N_{\text{зап}} = (4000 + 4000 \cdot 0,04) \cdot (1 + 0,025) = 4264 \text{ шт.}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-18.01.34	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності складального вузла і деталі

2.1.1 Аналіз технологічності коробки передач

Аналіз технологічності коробки передач є одним із ключових етапів у процесі розробки проекту, оскільки безпосередньо впливає на покращення ергономічних, економічних та технічних характеристик виробу.

Технологічною вважається така конструкція машини, вузла або окремої деталі, яка повною мірою відповідає технічним і експлуатаційним вимогам, водночас забезпечуючи мінімальні витрати суспільної праці на її виготовлення, складання та обслуговування.

Конструкція коробки передач відзначається відносною простотою, що зумовлено обмеженою кількістю складових елементів. У цьому вузлі використовуються як стандартні кріпильні елементи (зокрема болти, гайки, штифти), так і спеціалізовані деталі, призначені винятково для даної конструкції.

Конструктивне виконання забезпечує зручність і послідовність під час складання, не потребуючи складних технічних рішень або спеціальних інструментів.

Протягом усього строку експлуатації конструкція не вимагає технічного обслуговування, що свідчить про її надійність і довговічність.

Необхідний рівень точності обробки функціональних поверхонь гарантує стабільну та ефективну роботу вузла в межах визначених параметрів.

Конструкція коробки передач є технологічною.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ</i>									
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>										
<i>Розроб.</i>		<i>Поважний</i>			<i>Технологічна частина</i>					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Бондар</i>												
<i>Н. контр.</i>		<i>Нечаєв</i>												
<i>Затверд.</i>		<i>Рязанцев</i>			<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-21</i>									

2.1.2 Аналіз технологічності вала-шестерні

Аналіз технологічності вала-шестерні для умов середньосерійного виробництва доцільно здійснити шляхом оцінки його конструктивних характеристик з позиції відповідності вимогам виробничого процесу, що передбачає стабільне виготовлення великих обсягів деталей із забезпеченням заданих технічних параметрів. Такий аналіз дозволяє виявити потенційні ускладнення при виготовленні, збиранні та обробці деталі, а також визначити можливості її уніфікації, стандартизації та зниження трудомісткості виробництва. Зведені результати аналізу технологічності вала-шестерні представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності деталі

№ п/п	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічна
2	Наявність глухих отворів	Так, не технологічна
3	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічна
4	Чи можлива багатошпиндельна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічна
5	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Ні, технологічна
6	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45°?	Ні, технологічна
7	Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічна
8	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічна
9	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічна

На основі аналізу даних, наведених у таблиці, можна зробити висновок, що за більшістю критеріїв деталь відповідає вимогам технологічності для умов автоматизованого виробництва, що свідчить про її придатність до раціонального впровадження у серійне виготовлення.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення вала-шестерні

У сучасних умовах вал-шестерня виготовляється переважно в умовах дрібносерійного виробництва, де переважає застосування універсального технологічного обладнання, стандартних пристроїв і загальноповживаного ріжучого інструменту. Такий підхід забезпечує достатню гнучкість, однак супроводжується підвищеними витратами часу та ресурсів. З метою оптимізації технологічного процесу для умов середньосерійного виробництва доцільним є впровадження верстатів-автоматів, обладнання з числовим програмним керуванням, а також спеціалізованих пристроїв, призначених для виконання конкретних операцій.

У чинному технологічному процесі контроль параметрів деталі здійснюється із застосуванням універсальних вимірювальних засобів, що призводить до збільшення тривалості вимірювальних операцій і, відповідно, до підвищення штучного часу. З метою підвищення продуктивності та точності запропоновано впровадження спеціалізованих контрольно-вимірювальних інструментів, адаптованих до геометричних особливостей деталі. Таке удосконалення дозволяє істотно скоротити тривалість виробничого циклу, знизити енергоспоживання, зменшити зношення інструменту та, як наслідок, зменшити собівартість виготовлення вала-шестерні.

2.3 Аналіз методів одержання заготовок

При виборі оптимального способу виготовлення заготовки ключовим критерієм є забезпечення максимальної відповідності геометрії заготовки формі готової деталі. Такий підхід дозволяє істотно зменшити обсяг механічної обробки, скоротити тривалість виробничого циклу та знизити втрати матеріалу. Однак поряд із цими перевагами слід враховувати можливе зростання витрат, пов'язаних із застосуванням спеціалізованого технологічного обладнання, оснастки, а також витрати на їх обслуговування й ремонт. У зв'язку з цим доцільним є проведення техніко-економічного аналізу варіантів заготівельного виробництва з метою

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

обґрунтування доцільності вибору того чи іншого методу. Спосіб виготовлення заготовок для машинобудівних деталей визначається призначенням і конструктивними особливостями деталі, типом матеріалу, вимогами до точності та якості поверхонь, а також масштабом і серійністю виробництва з урахуванням економічної доцільності.

Деталь виготовляється з легованої конструкційної сталі марки 40Х, яка характеризується високими механічними властивостями та доброю оброблюваністю після термічної обробки. Для визначення доцільного способу виготовлення заготовки розглядаються два альтернативні методи: використання гарячекатаної круглої сталі та виготовлення заготовки шляхом кування.

Гарячекатана кругла сталь є стандартним напівфабрикатом, що забезпечує достатню точність та стабільні геометричні параметри. Такий спосіб є економічно вигіднішим при малих і середніх обсягах виробництва, завдяки меншій вартості сировини та відсутності витрат на оснащення. Проте форма заготовки у цьому випадку значно відрізняється від форми готової деталі, що зумовлює більший обсяг припусків на обробку, збільшення кількості операцій та зростання собівартості кінцевого виробу.

На відміну від цього, поковка дозволяє отримати заготовку, форма якої значно ближча до геометрії готової деталі. Це зменшує обсяг механічної обробки, знижує витрати на матеріал, а також покращує механічні властивості завдяки ущільненню структури металу в процесі пластичної деформації. Однак виготовлення поковки потребує додаткового обладнання, штампів або оснащення, що робить цей метод більш витратним при малих обсягах виробництва, але ефективним у середньо- та великосерійному виробництві.

Таким чином, вибір методу виготовлення заготовки залежить від обсягів виробництва, економічних міркувань, вимог до якості та ресурсу деталі.

Спочатку обчислимо вальцівку $\varnothing 58^{+0,1}_{-0,7}$, $L=196^{+0,8}_{-0,8}$ мм, шорсткість поверхні по $Ra=6,3$.

По-друге обчислимо кованку $\varnothing 58^{+0,7}_{-0,3}$, шорсткість поверхні по $Ra = 3,2$.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

При використанні гарячекатаної круглої сталі для виготовлення деталі маса заготовки та витрати металу на одну деталь визначаються на основі геометричних параметрів заготовки з урахуванням припусків на механічну обробку. Маса заготовки залежить від її об'єму та густини сталі, яка для сталі 40Х становить приблизно 7,85 г/см³.

Після визначення маси заготовки розраховується коефіцієнт використання металу як відношення маси готової деталі до маси заготовки. У результаті буде отримано величину витрат металу на одну деталь:

$$m_{\text{заг}} = 4,04 \text{ (кг)}$$

При виготовленні деталі з поковки маса заготовки та витрата металу на одну деталь залежать від форми поковки, технологічних припусків, а також ступеня наближення геометрії поковки до готової деталі.

У порівнянні з гарячекатаною круглою сталлю, поковка зазвичай має більш раціональну форму, що зменшує припуски на механічну обробку та, відповідно, об'єм відходів. Це дозволяє знизити масу заготовки при збереженні необхідних механічних властивостей деталі завдяки щільнішій структурі металу після пластичної деформації.

Таким чином, маса поковки буде меншою, ніж маса заготовки з гарячекатаного прокату, а коефіцієнт використання металу — вищим:

$$m_{\text{заг}} = 3,1 \text{ (кг)}$$

Собівартість виготовлення заготовки визначається за узагальненою економічною формулою, яка враховує витрати на матеріал, енергію, оплату праці, амортизацію устаткування, експлуатацію інструменту, обслуговування виробництва та інші статті витрат. У загальному вигляді її можна подати так:

$$C_z = m_{\text{заг}} \cdot \left(\frac{S_{\text{заг}}}{1000} \right) - (m_{\text{заг}} - m_d) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.2)$$

де $S_{\text{заг}}$ — базова вартість 1 т заготовок, грн; $S_{\text{відх}}$ — вартість 1 т відходів, грн.

Для вальцівки:

$$C_z = 4,04 \cdot \left(\frac{9000}{1000} \right) - (4,04 - 4,02) \frac{1500}{1000} = 36,33 \text{ (грн)}$$

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Для кованки:

$$C_3^{баз} = 3,1 \cdot \left(\frac{11000}{1000} \cdot \right) - (3,1 - 3,1) \frac{1500}{1000} = 34,1 \text{ (грн)}$$

Таким чином, незважаючи на незначну різницю у фактичній собівартості виготовлення заготовки, вибір поковки є доцільнішим. Це зумовлено тим, що використання гарячекатаної круглої сталі не забезпечує необхідної відповідності геометричній формі деталі, що, у свою чергу, унеможлиблює застосування верстатів-автоматів у технологічному процесі. Поковка ж, навпаки, дозволяє досягти кращої відповідності форми заготовки конструкції деталі, зменшити припуски на обробку та забезпечити сумісність із сучасним високопродуктивним обладнанням, зокрема з верстатами з числовим програмним керуванням.

2.4 Розробка маршрутів виготовлення деталі вал-шестерня

Таблиця 2.3 – Базовий маршрут обробки деталі

Операція	Зміст переходів
1	2
005 Заготівельна	Відрізати у розмір $196^{+0,8}_{-0,8}$
010 Термічна	Нормалізація (нагрів до t 850 С-860 С, охолодження на повітрі) НВ187..229
015 Токарна	Встановити, закріпити та зняти деталь 1. Підрізати торець пов.1 в розмір 192,5 мм. 2. Свердлити отвір (пов.2) 3. Точити 55 (пов.9) 3. Точити 35 (пов.3) 4. Точити 31 (пов.4) 5. Точити 26 (пов.5) 6. Точити фаску 1 45 (пов.6) 7. Точити фаску 2 45 (пов.8) 8. Точити канавки 2 шт. (пов.7) Перевстановити, закріпити та зняти деталь 1. Підрізати торець пов.1 в розмір 189мм. 2. Свердлити отвір (пов.14) 3. Точити 30 (пов.12) 4. Точити 26 (пов.11) 5. Точити фаску 1 45 (пов.15) 6. Точити фаску 2 45 (пов.13)
020 Фрезерна	Встановити, закріпити та зняти деталь 1. Фрезерувати шпоночний паз (пов.1)

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.3 – Базовий маршрут обробки деталі

1	2
025 Фрезерна	Встановити, закріпити та зняти деталь 1. Фрезерувати зубці (пов.1)
030 Термічна	1. Загартувати - нагрів до $t=850\text{ C}$, - охолодження у воді; 2. Відпуск - нагрів до $t=300\text{ C}$ - охолодження у воді
035 Контрольна	Перевірити твердість HRC 48..52
040 Центро-шліфувальна	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 начисто Перевстановити, закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.2 начисто
045 Шліфувальна чорнова	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 30,3h8
050 Шліфувальна чорнова	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25,3h8
055 Шліфувальна чорнова	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25,3h8
060 Зубошліфувальна	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати зубці пов.1 в розмір 54,48h9
065 Шліфувальна чистова	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.2 в розмір 30h6
070 Шліфувальна чистова	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25m6
075 Шліфувальна чистова	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25m6
080 Слюсарна	Зачистити заусенці і притупити гострі крайки
085 Контрольна	Контроль деталі.

Базовий маршрут обробки деталі вал-шестерня має свої очевидні переваги. Передусім, його структура є логічною і традиційною для машинобудування: починається з заготівлі, проходить через термічну обробку, механічну обробку різанням, шліфування, фрезерування зубців і завершується контролем. Такий підхід дозволяє забезпечити достатній рівень точності та міцності деталі, особливо за рахунок подвійної термообробки, що включає нормалізацію та гартування з відпуском. Також важливо, що маршрут передбачає окремі

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

контрольні етапи, що дозволяє перевірити твердість і загальну відповідність готової деталі технічним вимогам. У ньому застосовані основні технологічні процеси, що охоплюють увесь життєвий цикл виготовлення вала-шестерні — від заготовки до остаточної шліфовки, що забезпечує загальну якість виробу.

Однак маршрут має і відчутні недоліки, що роблять його менш ефективним у контексті сучасного машинобудування. Головна проблема полягає в надмірній кількості установок і переналагоджень — практично кожна операція передбачає окреме закріплення деталі, що значно знижує продуктивність та може викликати накопичення похибок при повторному базуванні. Крім того, маршрут очевидно орієнтований на традиційне обладнання без ЧПК, що в сучасних умовах розглядається як морально застарілий підхід. Відсутність інтеграції з CAD/CAM-системами також свідчить про те, що маршрут не розрахований на цифрову автоматизацію виробництва. Більше того, багато шліфувальних переходів розділено на окремі операції, хоча сучасне устаткування дозволяє об'єднувати їх в один цикл, що суттєво економить час і ресурси. Не менш важливою є відсутність автоматизації контролю та логістики між етапами, що унеможлиблює використання маршруту в умовах гнучких автоматизованих ліній. Усе це вказує на те, що хоча маршрут є технологічно вірним у класичному розумінні, він не відповідає вимогам сучасного високопродуктивного виробництва.

Таблиця 2.4 – Проектний маршрут обробки деталі

Операція	Зміст переходів
1	2
005 Заготівельна	Штампувати заготовку
010 Термічна	Нормалізація(нагрів до 850°C-860°C охолодження на повітрі) НВ 187..229
015 Фрезерно-центрувальна	Встановити, закріпити та зняти деталь 1. Фрезерувати торці в розмір 189 мм (пов.1,2) 2. Свердлити отвір (пов.3,4)

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.Т4	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 2.4 – Проектний маршрут обробки деталі

1	2
020 Токарна з ЧПК	Встановити, закріпити та зняти деталь Точити згідно програми: 1. Чотири ступені вала (пов.2, 3, 4, 6), 2. Канавки (пов. 7) 3. Фаски (пов. 1, 5) Перевстановити, закріпити та зняти деталь
025 Фрезерна	Встановити, закріпити та зняти деталь 1.Фрезерувати шпоночний паз (пов.1)
030 Фрезерна	Встановити, закріпити та зняти деталь 1.Фрезерувати зубці (пов.1)
035 Термічна	1. Загартувати - нагрів до $t=850\text{ C}$, - охолодження у воді; 2. Відпуск - нагрів до $t=300\text{ C}$ - охолодження у воді
040 Контрольна	Перевірити твердість HRC 48..52
045 Центро- шліфувальна	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 начисто Перевстановити, закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.2 начисто
050 Шліфувальна (чорнова)	Встановити закріпити та зняти деталь 1.Шліфувати пов.1 в розмір 30,3h8
055 Шліфувальна (чорнова)	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25,3h8
060 Шліфувальна (чорнова)	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25,3h8
065 Зубошліфувальна	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати зубці пов.1 в розмір 54,48h9
070 Шліфувальна (чистова)	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.2 в розмір 30h6
075 Шліфувальна (чистова)	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25m6
080 Шліфувальна (чистова)	Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір 25m6
085 Слюсарна	Зачистити заусенці і притупити гострі крайки
090 Контрольна	Контроль деталі.

Проектний маршрут обробки деталі вал-шестерня є більш сучасним та ефективним порівняно з базовим. Його головна перевага полягає у впровадженні верстатів з числовим програмним керуванням, що дозволяє значно скоротити кількість переходів та установок за рахунок об'єднання кількох операцій в одну програму. Завдяки цьому підвищується точність обробки, зменшуються похибки при базуванні та зростає продуктивність. Також на етапі заготовки замість відрізання застосовується штампування, що дозволяє отримати заготовку з більш наближеними до кінцевих форм параметрами та меншими витратами матеріалу. Крім того, у проектному маршруті операції мають раціональнішу послідовність — попередня фрезерно-центрувальна обробка дозволяє краще підготувати деталь до токарної обробки. Завдяки централізації токарних переходів на одному верстаті з ЧПК скорочується час переналагоджень і зменшується кількість ручної праці. У підсумку маршрут виглядає більш придатним для серійного або масового виробництва, де важливі стабільна якість, точність і економія виробничих ресурсів.

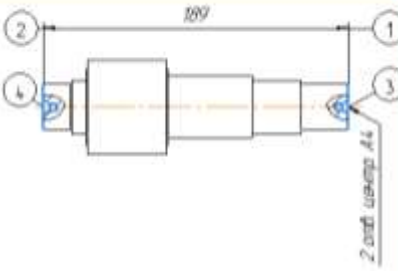
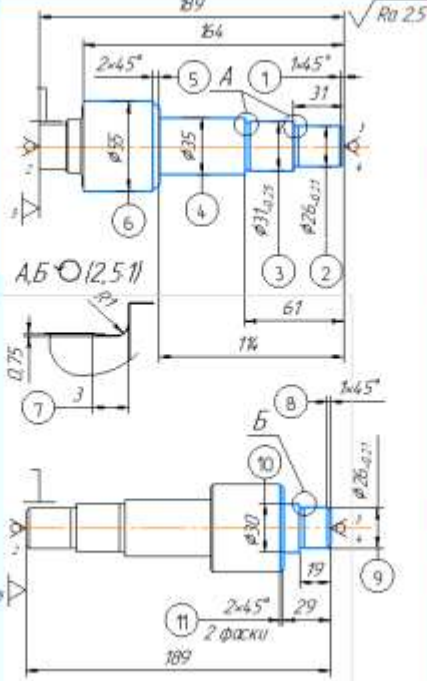
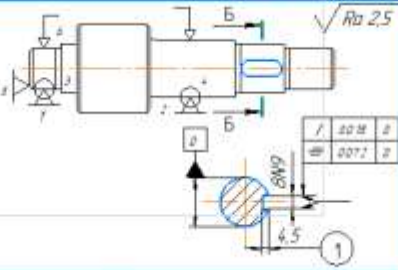
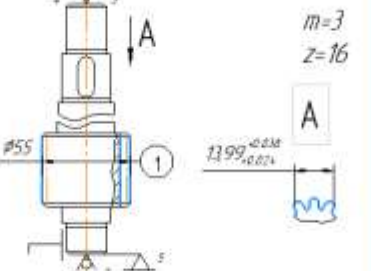
2.5 Розробка структури та змісту технологічних операцій

Структура і зміст технологічних операцій визначаються на основі технологічного маршруту обробки деталі з урахуванням послідовності виконання операцій, відповідних номерів позицій і переходів, а також їхнього змісту. Усі ці дані наведено у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Структура та зміст технологічних операцій

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата і пристосування	Операційний ескіз	Номер і зміст переходів та установок
005 Заготівельна	Універсальна горизонтально-кувальна машина ВВ 136.01		Відрізати заготовку $\Phi 60$, $L = 170$ мм із сталі 40Х
010 Термічна	Піч камерна СНО.3.5.3-11		Нормалізація (нагрів до 850°C – 860°C охолодження на повітрі) HB187.. 229

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

015 Фрезерно- центрувальна	Фрезерно- центрувальний верстат мод. МР71		Встановити, закріпити та зняти деталь 1. Фрезерувати торці в розмір 189мм (поб.1,2) 2. Свердлити отвір (поб.3,4)
020 Токарна з ЧПК	Токарно- гвинторізний верстат з ЧПК мод.16K20Ф3		Встановити, закріпити та зняти деталь Точити згідно програми 1. Чотири ступені вала-поб.2 в розмір $\phi 26_{-0,21}$ на довжині 31 мм, поб.3 в розмір $\phi 31_{-0,21}$ на довжині 30мм, поб.4 в розмір $\phi 35$ на довжині 53 мм, поб.6 в розмір $\phi 55$ на довжи- ні 55мм. 2. Канавки (поб. 7) 3. Фаски (поб. 1,5) Перевстановити, закріпити та зняти деталь Точити згідно програми 4. Дві ступені вала – поб. 9 в розмір $\phi 26_{-0,21}$ на довжині 19 мм, поб.10 в розмір $\phi 30$ на довжині 10мм 5. Канавку (поб. 7) 6. Фаски (поб. 8,11)
025 Вертикальна- фрезерна	Вертикальна- фрезерний мод. 6 T10		Встановити, закріпити та зняти деталь 1.Фрезерувати шпоначний паз (поб.1)
030 Зубофрезерна	Зубофрезерний мод. 53A30		Встановити, закріпити та зняти деталь 1.Фрезерувати зубці (поб.1)
035 Термічна	Установка СВЧ ЗВ-1-650		1. Загартовувати на твердість HRC 48.52 - нагрів до $t=850^{\circ}\text{C}$, - охолодження у воді,

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата і пристосування	Операційний ескіз	Номер і зміст переходів та установок
045 Центро- шліфувальна	Центрошліфувальний верстат мод.3992		Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 начисто Передстановити, закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.2 начисто
050 Шліфувальна (чорнова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий подаючий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1.Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 30,3h8$
055 Шліфувальна (чорнова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий подаючий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25,3h8$
060 Шліфувальна (чорнова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий подаючий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25,3h8$
065 Зубо- шліфувальна	Зубошліфувальний верстат мод.5А84.11		Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати зубці пов.1 в розмір $\phi 54,48h9$
075 Шліфувальна (чистова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий подаючий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25m6$
080 Шліфувальна (чистова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий подаючий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1. Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25m6$

085 Слюсарна	Пневмашліфмашинка мод. МП-011		Зачистити задири і притупити гострі країки
090 Контрольна	Стіл ВТК 6110-5243		Контроль деталі.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.02.ТЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Дизайн випробування вала-шестерні у CAE-системі

Із метою обчислити у SW Simulation вал-шестерню на міцність було обрано зі стандартного каталогу матеріалів «Легована сталь», що на думку авторів найбільш близька до властивостей сталі 40X (рис. 3.1). Межа текучості цього матеріалу у каталозі становить 620 Н/мм².

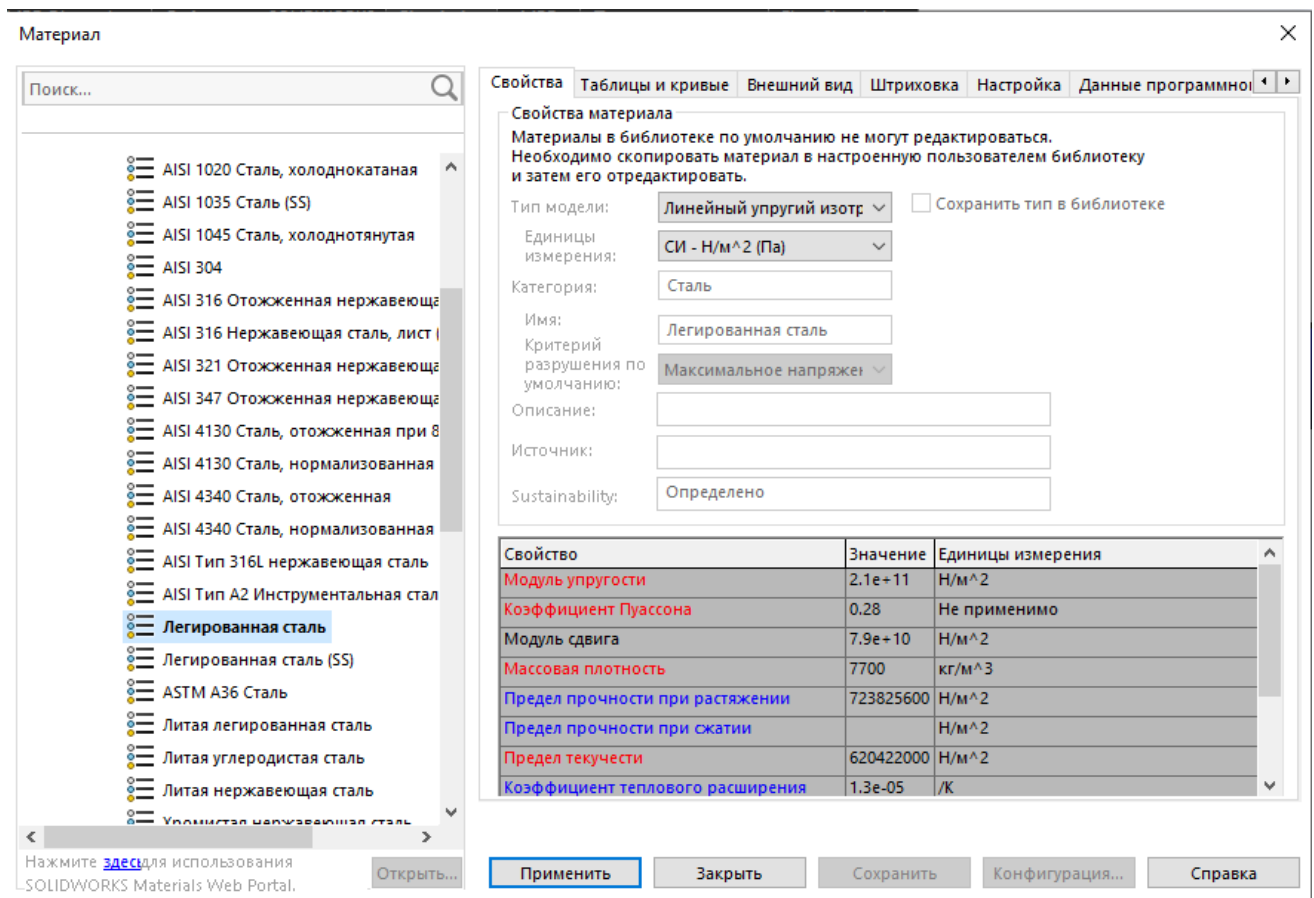


Рисунок 3.1 – Копія екрана зміни матеріалу вала-шестерні у SolidWorks Simulation

					КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ		
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата			
Разроб.		Поважний			Конструкторська частина		
Перебір.		Бондар					
Н. Контр.		Нечаєв					
Затверд.		Рязанцев					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Кафедра ТМ гр. ПМ-21		

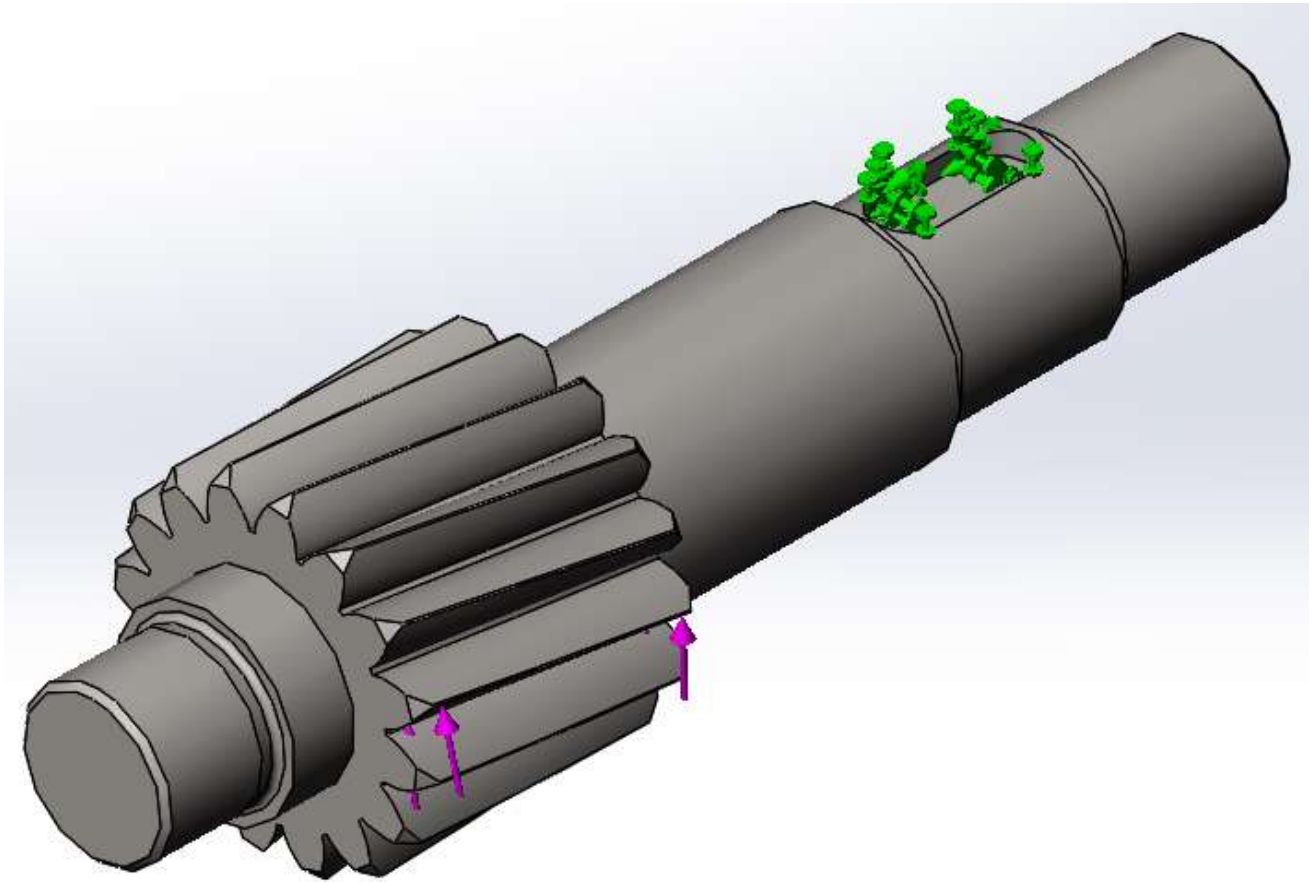


Рисунок 3.2 – Кріплення в просторі бічної поверхні шпонкового паза вала-шестерні та прикладений крутний момент до зуба (копія екрана вікна SolidWorks Simulation)

З метою моделювання протидії обертовому моменту, що передається на вал, у середовищі SolidWorks Simulation було застосовано тип граничної умови «Fixed Geometry» до шпоночного паза вала. Зазначене обмеження забезпечує фіксацію вузлових переміщень у зоні посадкового з'єднання, що дозволяє достовірно імітувати опір вала крутному моменту без значних похибок, характерних для статичного аналізу з недостатньо визначеними умовами закріплення. Такий підхід дає змогу уникнути надмірних деформацій, які можуть призвести до недостовірних результатів у розрахунках напружено-деформованого стану. Крім того, фіксація шпоночного з'єднання є обґрунтованою з конструктивної точки зору, оскільки в реальних умовах експлуатації саме в цій зоні відбувається передача моменту через механічне зчеплення елементів. (рис. 3.2). Для моделювання процесу передачі крутного моменту від електродвигуна на

					КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

циліндричну посадкову поверхню ступені вала, що забезпечує з'єднання з двигуном, до відповідної ділянки було прикладено навантаження типу «Torque» із моментом сили 52,42 Н·м. Таке навантаження адекватно відображає реальні експлуатаційні умови, у яких обертальний рух передається через жорстке з'єднання, і дозволяє точно визначити напружено-деформований стан конструкції під дією крутного моменту, що генерується приводом. Застосування саме моменту сили як граничної умови відповідає принципам математичного моделювання обертальних механічних систем у CAD-середовищах на кшталт SolidWorks Simulation.

Крутний момент обчислено виходячи із номінальних властивостей вузла по формулі для крутного моменту:

$$M = \frac{9549 \cdot N}{\nu},$$

де N – потужність у кВт, ν – частота обертання.

$$M = \frac{9549 \cdot 5,5}{965} = 54,49 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

3.2 Інтерпретація результатів отриманих у SolidWorks Simulation

Як показано на рис. 3.3, максимальні еквівалентні напруження зосереджуються в області бічної грані шпоночного паза, яка безпосередньо протидіє обертовому моменту. Така концентрація напружень є характерною для зон геометричної неоднорідності, де спостерігається локальне підвищення механічного навантаження через передачу крутного моменту. Аналіз результатів напруженого стану засвідчив, що розрахункові напруження не перевищують межу текучості матеріалу, отже, згідно з критерієм міцності, конструктивний елемент вала працює в межах пружної деформації та здатен безпечно витримувати прикладене навантаження. Це свідчить про коректність вибраних умов навантаження та обмеження, а також про відповідність геометричних параметрів і матеріальних властивостей технічним вимогам експлуатації.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

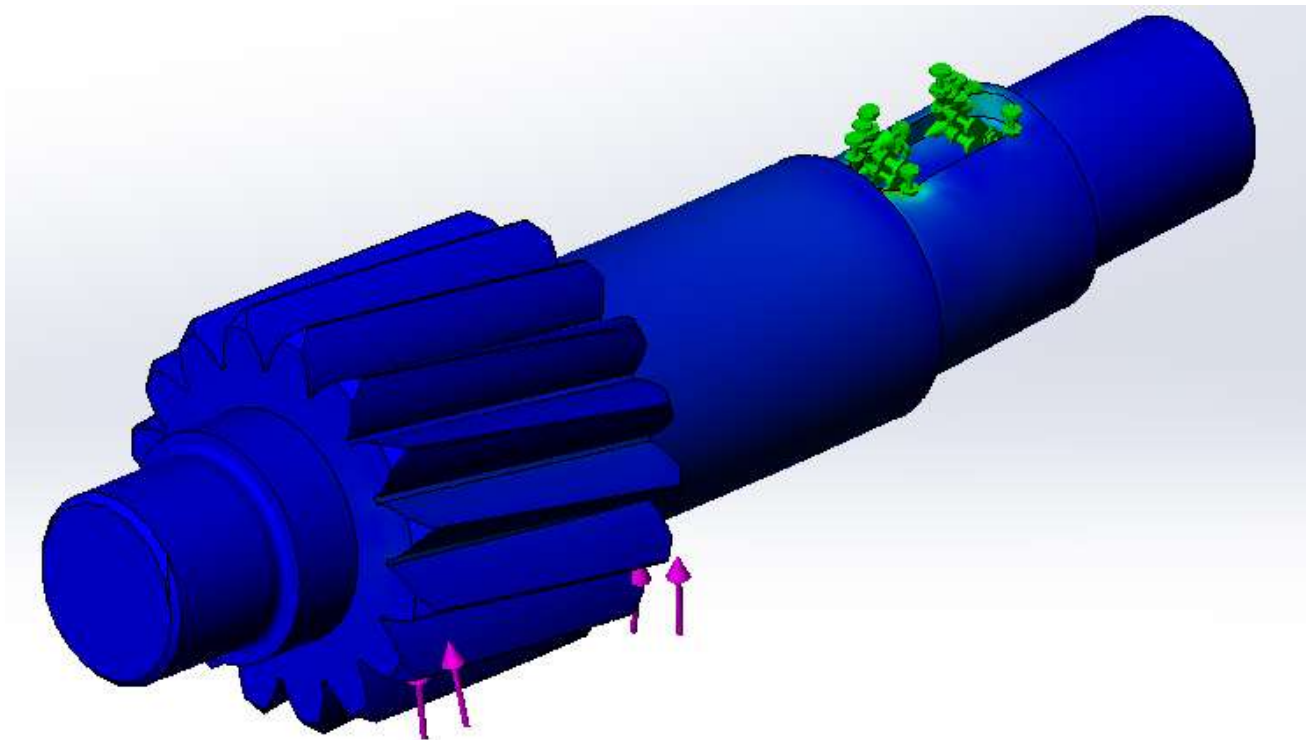


Рисунок 3.3 – Епюра внутрішніх напружень вала-шестерні обчислених у SolidWorks Simulation

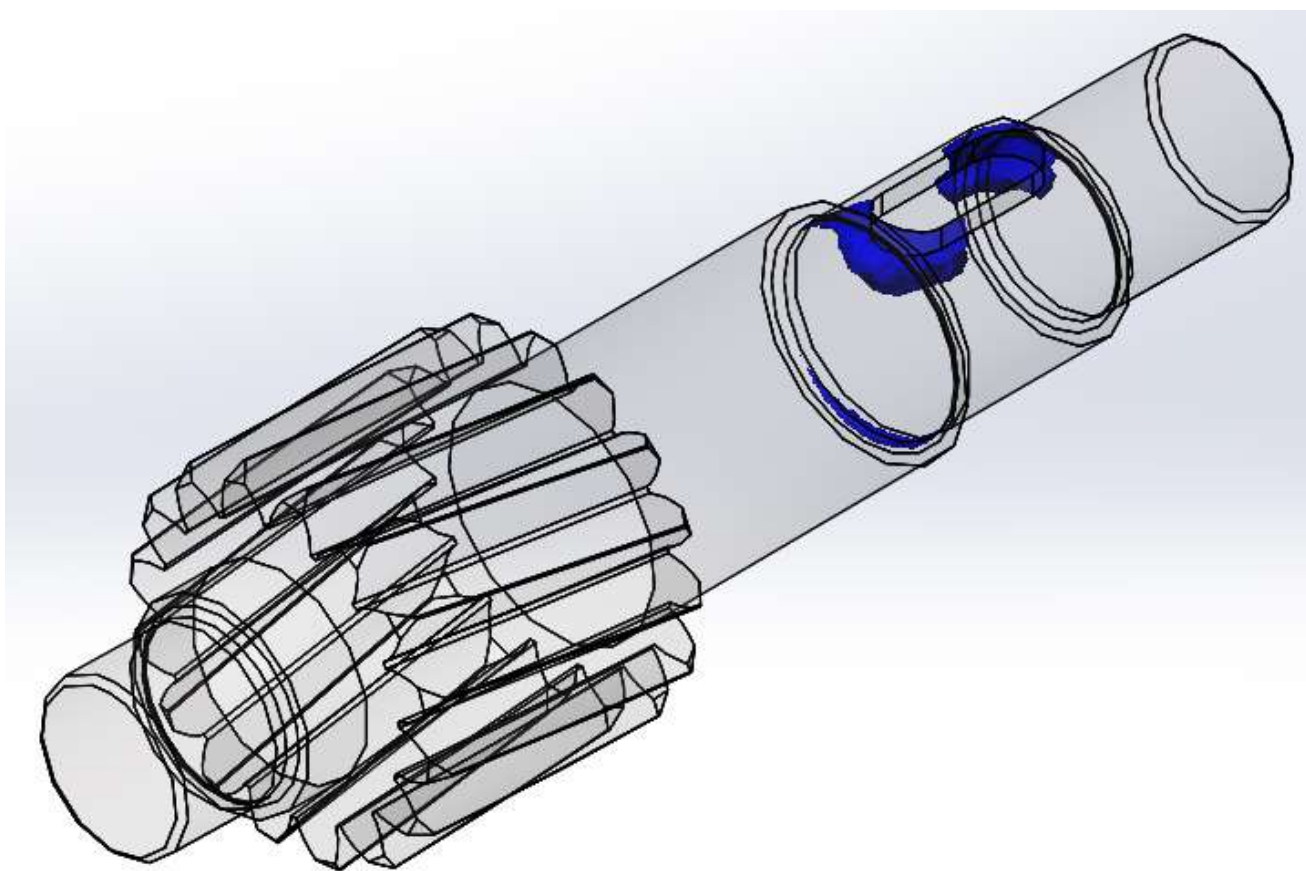


Рисунок 3.4 – Епюра найбільших внутрішніх напружень матеріалу

Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ

Аркуш

Для аналізу внутрішнього розподілу напружень у тілі деталі було згенеровано епюру за допомогою функціоналу Design Insight (рис. 3.4), яка дозволяє візуалізувати області найбільшого енергетичного навантаження всередині матеріалу. Отримані результати підтверджують очікуване підвищення напружень не лише в зоні фіксації, де зосереджений зовнішній опір моменту, але й у ділянках з геометричними переходами — зокрема, у скругленнях і канавках. Такі області є потенційними концентраторами напружень через зміну поперечного перерізу та локальну зміну жорсткості, що підтверджується законами теорії пружності та числового моделювання в умовах складного напруженого стану. Аналіз подібного роду дозволяє виявити критичні зони ще на етапі проєктування та, за потреби, внести конструктивні зміни з метою підвищення надійності деталі.

Имя модели: Вал

Название исследования: Стат 1(-По умолчанию-)

Тип эпюры: Запас прочности Запас прочности1

Критерий: Авто

Распределение запаса прочности: Мин. коэффициент запаса прочности = 1,3

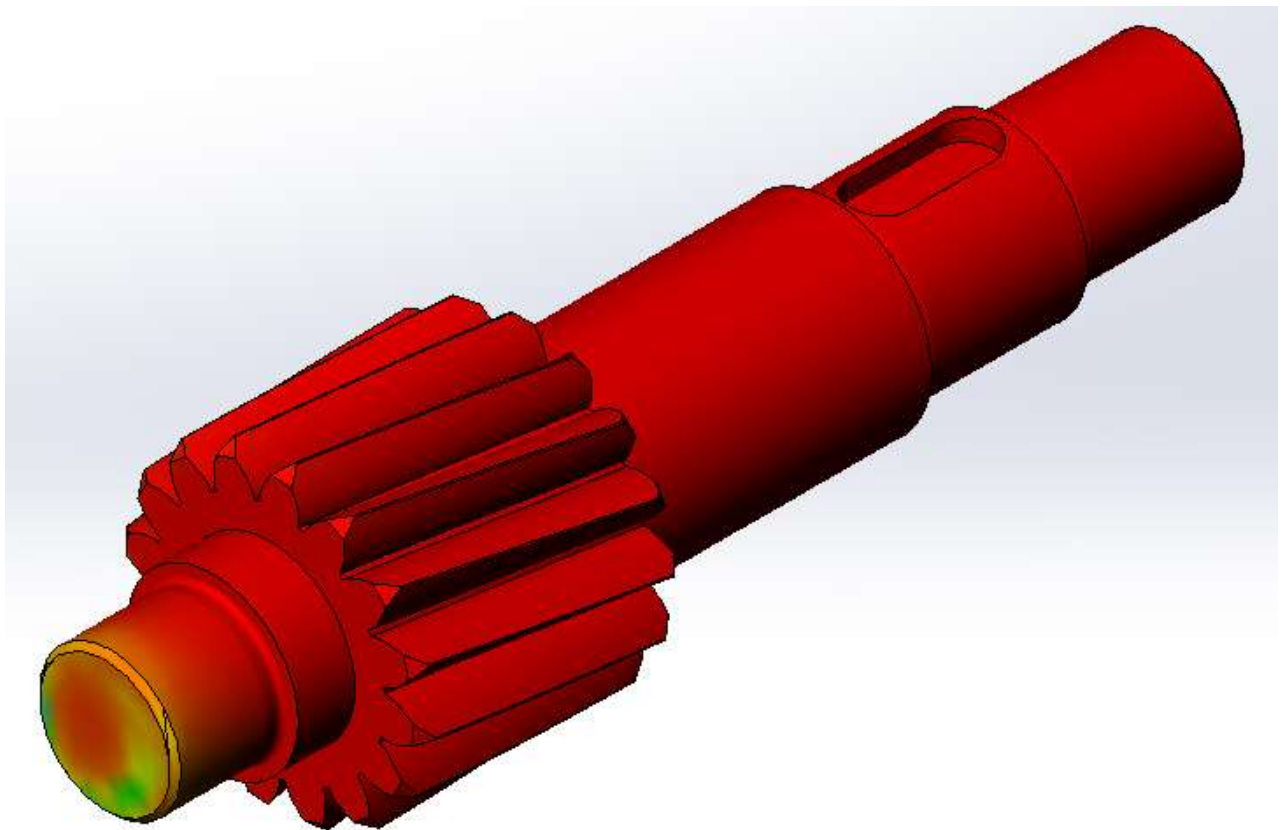


Рисунок 3.5 – Розподіл мінімального запасу міцності

					КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

На рисунку 3.5 представлено розподіл коефіцієнта запасу міцності по об'єму досліджуваної деталі. Аналіз показує, що мінімальне значення цього коефіцієнта становить 1,3 і є характерним майже для всієї масивної частини тіла деталі. Такий рівень запасу відповідає прийнятим інженерним критеріям безпеки для статичних навантажень, що не супроводжуються високими циклами втоми чи впливом агресивного середовища. Проте, з урахуванням потенційних експлуатаційних ускладнень, пов'язаних із варіативністю зовнішніх навантажень, умов монтажу та технологічних відхилень у виготовленні, доцільним є підвищення мінімального запасу міцності при можливому перегляді геометричних параметрів конструкції. Зокрема, це може бути реалізовано шляхом зменшення локальних концентрацій напружень або посилення критичних перерізів без суттєвого збільшення маси чи габаритів деталі.

3.3 Розроблення конструкції контрольного пристосування

Складальне креслення контрольного пристосування представлено в графічній частині дипломного проєкту. Це пристосування розроблене для контролю торцевого биття відносно базової поверхні Д вала-шестерні (номер креслення КНУ.КБР.131.25.1-18.КП). Конструкція передбачає наявність рухомої стійки індикатора, що дозволяє здійснювати вимірювання биття інших поверхонь вала, забезпечуючи універсальність пристосування для контролю геометричних параметрів.

Основу пристосування становить опорна плита, на якій закріплено індикатор годинникового типу, встановлений на рухомій стійці. У конструкції також передбачено задню бабку з обертовим центром і передню бабку з рухомим центром, які забезпечують надійну фіксацію деталі. Базування деталі відбувається за допомогою центрових отворів, що спираються на конічні поверхні, що гарантує високу стабільність під час вимірювань.

Точність вимірювання торцевого биття становить 0,001 мм, що забезпечується відповідним рівнем точності виготовлення всіх складових частин

					КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

пристосування. Процедура визначення значення биття передбачає обертання деталі за допомогою маховика, що дозволяє безперервно зчитувати показники індикатора у процесі контролю.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.03.КЧ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

4 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ПІДГОТОВКА ВИРОБНИЦТВА

4.1 Охорона праці та екологія виробництва

4.1.1 Шкідливі/небезпечні фактори на виробництві

Під час проєктування або модернізації механоскладальних цехів необхідно передбачати такі технологічні процеси обробки металів різанням і складання, які б гарантували безпечні та нешкідливі умови праці для працівників і відповідали встановленим нормам охорони праці.

До основних шкідливих чинників, що супроводжують роботу на металообробних верстатах і можуть спричинити професійні захворювання або зниження працездатності, належать: випари змащувально-охолоджувальних рідин, а також абразивний і металевий пи́л, який виникає в процесі різання металу.

Недостатній рівень освітлення виникає тоді, коли параметри природного або штучного світла не відповідають встановленим нормативам. У механічних цехах зазвичай застосовується комбіноване освітлення. Для умов серійного виробництва деталей передбачено рівень освітленості 2000 люксів (розряд Пв). Загальне освітлення повинно забезпечувати не менше 300 люксів на висоті 0,8 метра від підлоги, з урахуванням коефіцієнта запасу, який дорівнює 1,5. Якісні характеристики освітлення повинні дотримуватися таких норм: рівномірність освітлення не має перевищувати коефіцієнт 1,5 при використанні люмінесцентних ламп або 2 — для газорозрядних ламп високого тиску. Допустимий рівень засліплення не повинен перевищувати 20, а пульсація світлового потоку має складати не більше 20% для загального освітлення та 10% — для місцевого. У якості джерел світла рекомендується використовувати люмінесцентні лампи типу ЛБ у світильниках із косинусним розподілом світла за умови висоти підвісу не

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.ОЕПВ										
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Організаційно-економічна підготовка виробництва						Літ.		Арк.	Аркушів	
Розроб.		Поважний													
Перевір.		Бондар													
Н. Контр.		Нечаєв													
Затверд.		Рязанцев									Кафедра ТМ гр. ПМ-21				

більше 5–7 метрів. Якщо висота перевищує ці значення, доцільно застосовувати дзеркальні світильники з люмінесцентними лампами або дифузні світильники з ртутними чи металогалогенними джерелами світла.

Вібрація на робочому місці впливає на людину залежно від способу передачі. Вона може передаватися через руки або через опорні поверхні на тіло людини, яка стоїть або сидить. За характером дії у часі вібрацію поділяють на постійну та непостійну. Постійна вібрація характеризується тим, що її спектральні або скориговані частотні параметри змінюються не більше ніж удвічі (що відповідає 6 дБ) протягом періоду спостереження. У разі, коли ці параметри змінюються більш ніж у два рази, йдеться про непостійну вібрацію.

Основні причини перевищення допустимого рівня вібрації – порушення умов експлуатації обладнання, порушення технологічних режимів обробки деталей.

Перевищення допустимих значень звукового тиску у виробничих умовах, або виробничий шум, є одним із поширених шкідливих факторів. За спектральними характеристиками шум може мати широкосмугову структуру з безперервним спектром, ширина якого перевищує одну октаву, або ж бути тональним, коли в спектрі чітко виражені дискретні частоти. Для практичного визначення тонального характеру шуму на робочих місцях проводяться вимірювання у третинооктавних смугах частот, і за тональний шум вважається той, в якому рівень звукового тиску в одній зі смуг перевищує сусідні щонайменше на 10 дБ. Також шум класифікується за часовими ознаками: якщо рівень звуку протягом восьмигодинної зміни змінюється не більше ніж на 5 дБА при використанні шумоміра з повільною характеристикою, він вважається постійним; якщо ж коливання перевищують цей поріг, шум вважається непостійним. Нормативно встановленим є граничний рівень шуму — 80 дБА.

Ще одним суттєвим фактором є фізичне перенавантаження працівників, яке виникає внаслідок невідповідності робочого місця, обладнання або допоміжних пристроїв вимогам нормативів, а також через надмірний обсяг виконуваної роботи. Порушення ергономічних норм може призводити до значного зниження працездатності, втоми та довготривалих негативних наслідків для здоров'я.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Під час роботи на металообробних верстатах виникає низка небезпечних виробничих факторів, які можуть стати причиною травм. До таких факторів належать поранення металевою стружкою, травмування при зіткненні з рухомими елементами обладнання, ушкодження від гострих країв, задирок або шорстких поверхонь заготовок, інструментів і вузлів. Крім того, існує ризик ураження електричним струмом, а також загроза виникнення пожежі.

У контексті розробленого проекту виробництва особливу увагу необхідно приділити саме тим факторам, які становлять найбільшу загрозу для життя та здоров'я працівників, оскільки їх вплив у конкретних умовах може мати критичні наслідки.

Таблиця 4.1 – Шкідливі фактори, що діють на організм людини на машинобудівному виробництві

№ з п.	Назва та визначення фактору	Небезпечний шкідливий, спосіб дії на людину	Можливі наслідки для працівника	Запобіжні пристосування (тех. заходи, орг. засоби)
1	2	3	4	6
1	Пари змащувально-охолоджувальних рідин, абразивний та металевий пил, що утворюються під час обробки металу різанням	Ураження органів дихання, шкіри, внутрішніх органів, отруєння,	Тимчасова або постійна втрата працездатності, професійне захворювання	Вентиляція, засоби індивідуального захисту органів дихання, спецодяг, застосування сучасних технологій обробки металів, що зменшують викид пилу та шкідливих газів обов'язкові та періодичні медогляди
2	Шум – одна з форм фізичного (хвильового) забруднення природного середовища, адаптація до якого практично неможлива	Вплив на нервову систему та більшість органів людини	Часткова або повна втрата слуху, зниження працездатності	Застосування шумобезпечної техніки, застосування засобів колективного та індивідуального захисту

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	6
3	Вібрація – вплив на організм людини коливань, спричинених роботою технічних пристроїв	Зміни в діяльності серцевої та нервової системи, спазми судин, суглобах	Вібраційна хвороба, передчасна втомленість, небезпека для життя	Встановлення обладнання на віброопори або на віброізолюванні фундаменти залежно від маси верстата та його точності; дотримання режимів різання, уникнення контакту працюючих з вібруючими поверхнями
4	Ураження електричним струмом призводить до пошкодження тканин та органів людини	Опіки, порушення роботи серця	Утрата працездатності можливий смертельний наслідок	Використання штучних та природних заземлюючих пристроїв
5	Пожежа	Шкідливий вплив продуктів горіння на органи дихання, зір, численні опіки	Довготривала втрата працездатності, часті летальні випадки, опіки різних ступенів тяжкості	Використання вогнегасників різного типу, автоматичних систем гасіння, систем сигналізації
6	Ураження металевою стружкою	Порізи, незначні опіки, ураження очей	Тимчасова або постійна втрата працездатності	Використання індивідуальних захисних засобів, дотримання технології виробництва, використання спеціальних захисних пристосувань

4.1.2 Засоби та заходи для зменшення/усунення дії шкідливих/небезпечних факторів на виробництві

З метою зменшення впливу шкідливих і небезпечних виробничих чинників під час роботи на металообробному обладнанні впроваджено низку технічних та організаційних заходів. Зокрема, передбачається використання локальних витяжних систем, які індивідуально підбираються для верстатів, що працюють за умов вологого або сухого шліфування. Зокрема, витяжні пристрої для вологого шліфування додатково оснащуються сепараторами. Прикладами таких систем є вентиляційні пилеуловлювальні агрегати моделей ПА2-12МА, ЗІЛ 900 та подібні. Окрім цього, значну роль у зниженні рівня шкідливості відіграє застосування сучасних технологій обробки металу, що дають змогу мінімізувати

утворення пилу та виділення шкідливих газів, а також індивідуальні засоби захисту органів дихання.

Важливою складовою профілактичних заходів є дотримання належного санітарного стану виробничих приміщень. До основних вимог належить щоденне вологе прибирання та миття підлоги, особливо у місцях забруднення мастильно-охолоджувальними рідинами, технічними мастилами та оліями. Крім того, щонайменше раз на квартал необхідно проводити очищення освітлювальних приладів і скляних поверхонь із застосуванням мийних засобів, дозволених до використання в умовах виробництва.

Під час роботи зі змащувально-охолоджувальними рідинами та миючими розчинами працівники мають обов'язково користуватися захисними кремами або пастами, відповідно до положень, викладених у "Санітарних правилах при роботі з мастильно-охолоджувальними рідинами і технологічними мастилами".

Для ефективного зниження рівня шумового навантаження на працівників доцільно впроваджувати низку технічних і організаційних рішень. Зокрема, значну роль відіграє впровадження мал шумних технологічних процесів, що передбачають зменшення джерел шуму ще на етапі технологічного проєктування. Важливим є також оснащення шумогенерувального обладнання засобами дистанційного керування та контролю, що дозволяє обмежити безпосередній контакт персоналу із джерелами небезпечного акустичного впливу. Рациональне розміщення технологічного устаткування, робочих місць, машин і механізмів забезпечує оптимальне акустичне середовище, мінімізуючи перехресні звукові перешкоди. Крім того, у зонуванні виробничих приміщень необхідно враховувати акустичні особливості маршрутів руху транспорту, що дозволяє уникнути надмірного накопичення шуму. Додатковими заходами є впровадження сучасних засобів звукоізоляції, звукопоглинання, демпфування, віброізоляції, а також встановлення спеціальних глушників шуму на джерела звукових коливань.

У сфері забезпечення вібраційної безпеки ефективна профілактика починається вже на стадії проєктування виробництва. Вибір машин і обладнання повинен ґрунтуватися на критеріях мінімального рівня вібрації. При проєктуванні

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

визначаються зони, де працівники можуть зазнавати дії вібраційного навантаження, і ці параметри мають бути обов'язково враховані у проєктно-технологічній документації. Санітарні вимоги до вібраційної безпеки встановлюються з урахуванням часу впливу та закладаються в технологічний процес. Крім цього, проєктом передбачається розміщення машин так, щоб рівень вібрації на робочих місцях був мінімальним. Оцінка очікуваного вібраційного навантаження виконується на етапі розробки проєкту, а також підбираються відповідні конструктивні рішення основ і перекриттів, що здатні ефективно знижувати передачу вібрації. На цьому ж етапі обираються й розраховуються необхідні засоби віброзахисту — як для окремих машин, так і для робочих місць — які в комплексі з будівельними елементами забезпечують виконання норм вібробезпеки.

У процесі експлуатації машин на виробництві важливо суворо дотримуватися вимог технічної документації, неухильно виконувати правила експлуатації устаткування і впроваджених технологічних процесів. Обладнання повинно використовуватись виключно за його функціональним призначенням, а його технічний стан має регулярно підтримуватися шляхом проведення планового й попереджувального ремонту. Додаткові заходи, спрямовані на зниження ризику контакту працівників з вібруючими поверхнями, включають організаційне відмежування зон впливу, встановлення попереджувальних написів, захисних бар'єрів, сигнального забарвлення, блокувальних пристроїв і світлової сигналізації. Значну ефективність показує також використання спеціалізованих технічних засобів, таких як віброгасники або віброопори типу ОВЗ1м, які суттєво знижують вібраційні коливання, що передаються на робочі місця.

Для забезпечення електробезпеки у виробничих умовах застосовується комплекс заходів, що мінімізує ризик ураження електричним струмом як при прямому, так і при непрямому контакті з електрообладнанням. Особливу увагу приділяють запобіганню випадковому дотику до струмопровідних елементів. Для цього використовуються захисні оболонки та огороження, які можуть бути як тимчасовими, так і стаціонарними. Додаткову безпеку забезпечує правильне

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

конструктивне розташування струмопровідних частин, а також застосування різних видів ізоляції: робочої, додаткової, посиленої чи подвійної. Ізоляція може охоплювати як безпосередньо струмопровідні елементи, так і робочі місця загалом. У тих випадках, коли є ризик появи напруги на металевих неструмопровідних частинах унаслідок пошкодження ізоляції, реалізується система технічного захисту, що включає заземлення, занулення, вирівнювання потенціалів, застосування захисних провідників і засобів автоматичного відключення живлення. Також передбачаються заходи щодо електричного поділу мережі, використання зниженої напруги, контроль стану ізоляції та компенсація струмів замикання на землю. Важливу роль відіграють засоби індивідуального захисту, які обов'язково повинні використовуватись при виконанні робіт підвищеної електробезпеки.

Щодо пожежної безпеки, то для її підтримання на належному рівні у виробничому середовищі впроваджуються відповідні технічні та організаційні рішення. В усіх критично важливих зонах встановлюється автоматична система пожежної сигналізації, оснащена датчиками диму й полум'я. Приміщення, у яких зберігаються мастильні матеріали або здійснюється приготування змащувально-охолоджувальних рідин, обладнуються системами автоматичного пожежогасіння. Для запобігання поширенню розливів горючих рідин біля обладнання, яке містить мастильні, охолоджувальні або гідравлічні системи з об'ємом понад 60 кг, передбачаються захисні борти або піддони, розміщені на відстані близько півметра від техніки та висотою не менше 50 мм. За відсутності таких конструкцій у технічній документації, їх реалізація закладається під час проектування. У місцях збирання промасленого шмаття організовуються спеціальні ділянки з металевими контейнерами, обладнаними кришками. Цехи оснащуються пожежними щитами, ємностями з піском, а також вогнегасниками відповідно до розрахункових нормативів: переважно використовуються вуглекислотні типу ВВК-14 та порошкові типу ВП-5.

Особливу загрозу в умовах металообробки становить зливна стружка, яка через свою форму та поведінку під час обробки може бути надзвичайно

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

небезпечною. Її непередбачувана траєкторія, наявність гострих країв і висока температура, що іноді сягає 600–700 °С, створюють ризик серйозних порізів і опіків для працівників. За умов високошвидкісного різання така стружка не лише небезпечна фізично, а й призводить до швидкого забруднення робочої зони, ускладнюючи як очищення обладнання, так і подальше транспортування відходів. Для зменшення ризиків і полегшення видалення стружки вдаються до зміни її форми. Найбільш поширеним способом є перетворення її у компактну спіралеподібну форму або подрібнення. Це досягається за рахунок правильно підібраної геометрії різального інструменту, відповідних параметрів обробки та використання стружколомальних елементів, які можуть бути як змінними, так і напаяними.

4.2 Економічний розрахунок ефективності

Таблиця 4.2 – Вихідні дані по деталі вал-шестерня коробки передач для обчислення економічної ефективності виробництва

Вихідні дані				
Дані	Базовий варіант			Проектний варіант
	3M151	16K20	53A30	16K20Ф3 з ЧПК
Деталі				
Річний обсяг випуску деталей N, шт.	4264			4264
Кількість запусків партій деталей в рік, шт.	24			24
Тривалість випуску деталей Z, років	5			5
Штучний час обробки деталі tшт, хв.	36	29	27	27
Час наладки верстата, хв.	48	35	36	25
Розряд:				
контролера	5			5
верстатника	4	3	3	2
наладчика	3	3	3	5
наладчика інструменту		4		4
Кількість кадрів програми, шт.		400		600
Вартість заготовки Sзаг, грн.	34			34
Вартість комплексу спец. пристосувань Kпр, грн				

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.0ЕПВ	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

Вартість комплексу спец. пристосувань Кпр, грн				
Оптова ціна на прокат одного УСП Цусп, 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 кт	0,083	0,2	0,083	0,2
Вартість одного кадру ПК, грн.		7		8,9
Вартість розробки ПК Кпк, грн.		2800		5340
Середньочасова зарплата робітника, грн:				
верстатника Нст	33,6	32,3	32,3	30,1
наладчика Ннал	33,6	28,2	33,6	34,3
наладчика інструмента Нін		31,1		
контролера Нк		29,8		29,8

Таблиця 4.3 – Вихідні дані по верстатам для виробництва деталі вал-шестерня коробки передач для обчислення економічної ефективності

Верстати				
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 Трц, років	7	10	7	15
Встановлена потужність всіх електродвигунів головного руху, кВт	60	28	100	50
Категорія складності ремонту верстата ЕРС:				
механічної частини Rm	51	97	39	100
електротехнічної частини Re	43	75	50	99
Кількість верстатів, що обслуговує один робочий d, шт	1	2	1	3
Оптова ціна верстата Ц, грн.	110000	1800000	500000	4200000
Коефіцієнт завантаження верстата пз	0,75	0,8	0,65	0,95
Площа верстата за габаритами А, м. кв.	25,0	48,7	51,4	60,0
Площа пристрою ЧПК Ау, м. кв.		1,44		0,25
Витрати на одну одиницю ЕРС верстата, грн.				
механічної частини Нм	401	329	401	272
електротехнічної частини Нe	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 Фоб, год	3975	3850	3975	3850

Таблиця 4.4 – Вихідні дані по виробничим та іншим площам для виробництва деталі вал-шестерня коробки передач для обчислення економічної ефективності

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 Аб, 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 шестерні наведені на рис. 4.1, 4.2, 4.3.

Собівартість механічної обробки річного випуску деталей											
$C = \Pi_z + \Pi_n + \Pi_{ин} + \Pi_{лк} + \Pi_{лр} + \Pi_{усп} + \Pi_a + \Pi_{пл} + \Pi_{сл} + \Pi_r + \Pi_y + \Pi_k,$											
де Π_z – зарплата верстатника; Π_n – зарплата за наладку верстата; $\Pi_{ин}$ – зарплата наладжувальника інструмента поза верстатом; $\Pi_{лк}$ – витрати на підготовку та поновлення керуючої програми; $\Pi_{лр}$ – витрати на ремонт та утримання спеціальних пристосувань; $\Pi_{усп}$ – витрати на прокат універсально-збірних Π_a – амортизаційні відрахування на повне відновлення обладнання; $\Pi_{пл}$ – витрати на утримання приміщення, яке займає верстат; $\Pi_{сл}$ – витрати на амортизацію і утримання службово-побутових приміщень; Π_r – витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання; Π_y – витрати на технічне обслуговування і ремонт ЧПК; Π_k – зарплата контролера											
$C_1 = 300245 + 2396,08 + 2221,96 + 560,00 + 0 + 0 + 74000,84 + 35727,01 + 77000 + 60884 + 5793,6 + 23357,07 = 582185,78$											
$C_2 = 31999 + 539,36 + 0,00 + 1068,00 + 0 + 0 + 97455,16 + 12709,25 + 28000 + 31458 + 6301,9 + 11436,05 = 220966,54$											
$C_1 \text{ на деталь} = 136,54$											
$C_2 \text{ на деталь} = 51,82$											

Рисунок 4.1 – Копія екрану програми для обчислення собівартості обробки у механічному цеху деталі вал-шестерня коробки передач. Порівняння собівартості по базовому технологічному процесу та проектному зі використанням верстату з ЧПК

					КНУ.КБР.131.25.1-18.04.0ЕПВ					Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата						

Капітальні вкладення споживача						
$K = K_6 + K_{м} + K_{сл} + K_{нез} + K_{пр} + K_{п.у.}$						
де K_6 – балансова вартість верстата, грн;						
$K_{м}$ – 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	$K_{м}$	$K_{сл}$	$K_{нез}$	$K_{пр}$	$K_{п.у.}$	
$K_1 = 1850021 +$	$99242 +$	$77000 +$	$124634 +$	$0 +$	$2800 =$	2153696
$K_2 = 2436379 +$	$31773 +$	$28000 +$	$16840 +$	$0 +$	$5340 =$	$2518331,78$

Рисунок 4.2 – Копія екрану програми для обчислення капітальних вкладень на організацію механічного цеху на виробництво деталі вал-шестерня коробки передач. Порівняння капітальних вкладень по базовому технологічному процесу та проектному зі використанням верстату з ЧПК

Приведені витрати				
$Z_1 =$	$C_1 +$	$E_n \cdot$	K_1	
905240	582186	0,15	2153696	
$Z_2 =$	$C_2 +$	$E_n \cdot$	K_2	
598716	220967	0,15	2518332	

Річний економічний ефект				
$E =$	$Z_1 -$	Z_2		
306524	905240	598716		

Строк окупності				
$T_{ок} =$	$(K_2 -$	$K_1) /$	$(C_1 -$	$C_2)$
1,01	2518332	2153696	582186	220966,5

Рисунок 4.3 – Копія екрану програми для обчислення витрат, річного економічного ефекту та строку окупності на виробництво деталі вал-шестерня коробки передач. Порівняння витрат по базовому технологічному процесу та проектному зі використанням верстату з ЧПК

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра було розроблено модель і креслення деталі вал-шестерня, а також накреслено складальний вузол коробки передач.

Важливим етапом розробки проєкту стало оновлення технологічного процесу виробництва, що передбачало заміну застарілого обладнання універсального типу на сучасні верстати з числовим програмним керуванням, що значно підвищує точність і ефективність обробки.

Метод виготовлення заготовок обрано на основі техніко-економічного аналізу, з урахуванням вимог до якості та технологічності.

У процесі конструкторського дослідження деталі було проведено розрахунки її механічних властивостей за допомогою програмного забезпечення SolidWorks Simulation, що дозволило оцінити стійкість вала до аварійних експлуатаційних навантажень і зробити обґрунтовані висновки щодо надійності конструкції. Також було сформульовано практичні рекомендації, які можна використати при подальшому вдосконаленні виробу.

Розраховано економічну доцільність організації виробництва деталі, визначено рівень ефективності впровадження обраної технології.

Окрему увагу приділено питанням охорони праці та безпеки виробничого процесу, де описано як технічні, так і організаційні заходи для створення безпечного робочого середовища.

Робота повністю відповідає технічному завданню й реалізована в повному обсязі.

					КНУ.КБР.131.25.1-18.В								
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата									
Розроб.		Поважний			Висновки				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Бондар											
Н. Контр.		Нечаєв							Кафедра ТМ гр. ПМ-21				
Затверд.		Рязанцев											

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Каталог та технічний посібник Seco 2020: "Токарна обробка"
2. Каталог абразивного інструмента LUCABRASIV 2015
3. ДСТУ 18217:2008 "Протяжки шпонкові. Конструкція"
4. Каталог зубообробного інструмента FETTE 2015
5. ДСТУ 2675:2008 "Патрони самоцентруючі трикулачкові. Основні розміри"
6. ANDRE Абразивный инструмент
7. Кіяновський М.В., Цивінда Н.І., Цівко Ф.В. Довідник нормувальника машинобудівного виробництва. Кривий Ріг: Видавничий центр КТУ, 2008.
8. Технологія обробки типових деталей (курсове проектування) Григурко О.І., Брендуля МФ., Доценко С.М, Навчальний посібник. Львів., Новий світ, 2008, 576 с.
9. Горбатюк Е.О., Мазур М.П., Зенкін А.С., Каразей В.Д. Технологія машинобудування Навчальний посібник. Львів., Новий світ, 2008, 360 с.
10. Пальчевський Б.О. Дослідження технологічних систем (моделювання, проектування, оптимізація): Навчальний посібник. Львів: Світ, 2001. 232 с.
11. Руденко П. О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні – К.: Вища школа, 1993р.
12. Рудь В. Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навчальний посібник: ІСДО, 1996р.
13. Руденко П.А. Проектування технологічних процесів в машинобудуванні. Київ: Вища школа. 1985.
14. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок. Львів: Світ, 1996.
15. Рудь В.Д. Курсове проектування з технології машинобудування: Навч. посібник. К.: ІСДО, 1996. 300 с.

					<i>КНУ.КБР.131.25.1-18.СВД</i>			
<i>Змін.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>№ Документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Список використаних джерел</i>			
<i>Разроб.</i>	<i>Поважний</i>							
<i>Перевір.</i>	<i>Бондар</i>							
<i>Н. Контр.</i>	<i>Нечаєв</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Рязанцев</i>							
						<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
						<i>Кафедра ТМ гр. ПМ-21</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.131.25.1-18.СВД	Аркуш
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КНУ.КБР.131.25.1-18.Д			
Змін.	Аркуш	№ Документа	Підпис	Дата	Додатки			
Разроб.	Поважний							
Перевір.	Бондар							
Н. Контр.	Нечаєв							
Затверд.	Рязанцев				Кафедра ТМ зр. ПМ-21			

Перв. засвоєн.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
						Документація		
		A1			КНУКБР.131.25.1-18.КПСК	Складальне креслення		
						Деталі		
				1		Корпус	1	
				2		Кришка	1	
				3		Кришка підшипника	2	
				4		Кришка підшипника	1	
				5		Кришка підшипника	1	
				6		Кришка	1	
				7		Втулка	1	
				8		Шестерня	1	
				9		Муфта вмикання передач	1	
				10		Вал	1	
				11		Шестерня	1	
				12		Вал	1	
				13		Втулка	1	
				14		Втулка	1	
				15		Втулка	1	
				16		Кільце розтискне	1	
				17		Кільце розтискне	1	
		A3		18	КНУКБР.131.25.1-18.В	Вал-шестерня	1	
				19		Шестерня	1	
				20		Гребка	1	
				21		Шайба згідно стандарту	1	
						</		

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
		22		Кришка	1	
		23		Важіль	1	
		24		Ролик	1	
		25		Вісь	1	
		26		Втулка	1	
		27		Важіль	1	
		28		Вісь	1	
		29		Кільце ущільнююче	1	
		30		Гайка	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		31		Болт М4 х 8 згідно стандарту	6	
		32		Болт М6 х 35 згідно стандарту	6	
		33		Болт М8 х 38 згідно стандарту	4	
		34		Болт М8 х 70 згідно стандарту	2	
		35		Болт М8 х 95 згідно стандарту	6	
		36		Вісь 1-3 х 30 згідно стандарту	1	
		37		Вісь 1-3 х 25 згідно стандарту	1	
		38		Гайка М8 згідно стандарту	24	
		39		Гайка М10 згідно стандарту	1	
		40		Гвинт М3 х 6 згідно стандарту	1	
		41		Гвинт М4 х 11 згідно стандарту	1	
		42		Гвинт М6 х 13 згідно стандарту	4	
		43		Кільце ущільнююче згідно стандарту	1	
		44		Кулька згідно стандарту	1	
		45		Манжета 1-45 х 65-1 згідно стандарту	1	
		46		Підшипник 104 згідно стандарту	2	
		47		Підшипник 205 згідно стандарту	1	
		48		Підшипник 305 згідно стандарту	2	

Інв. № ориг.	Підп. і дата	Зам. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КНУ.КБР.131.25.1-18.КПСКС

Арк.
2

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
Перв. застосуц.						
					<u>Документація</u>	
	A1		КНУ.КБР.131.25.1-18.КП	Контрольне пристосування	1	
					<u>Деталі</u>	
			1	Плита		
			2	Корпус		
			3	Корпус		
			4	Опора		
			5	Планка		
Справ. №			6	Піноль		
			7	Піноль		
			8	Пластина		
			9	Втулка		
			10	Ексцентрик		
			11	Маховик		
			12	Втулка		
			13	Втулка		
				<u>Стандартні вироби</u>		
			14	Болт М6 х 30 згідно стандарту	4	
			15	Болт 7002-2489 згідно стандарту	2	
		16	Вісь 7-4 х 30 згідно стандарту	2		
		17	Втулка 7030-0172 згідно стандарту	1		
		18	Гайка 2 М27 х 15 згідно стандарту	2		
Підп. і дата						
Інв. № ориг.						
Зм. Арк. № докум. Підп. Дата				КНУ.КБР.131.25.1-18.КПС		
Разроб. Паважний				Контрольне пристосування		
Перед. Бондар						
Керівник						
Н.контр. Нечаєв						
Затв. Рязанцев						
				Літ. Аркуш Аркушів		
				н 1 2		
				Кафедра ТМ		
				гр. ПМ-21		

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 технологічної підготовки виробництва деталі
«Вал-шестерня» коробки передач із використанням обладнання з ЧПК та
CAD/CAE-технологій

Виконав здобувач гр. ПМ-21

(підпис)

Поважний О.С.

Керівник КБР

(підпис)

Бондар О.В.

Нормоконтроль

(підпис)

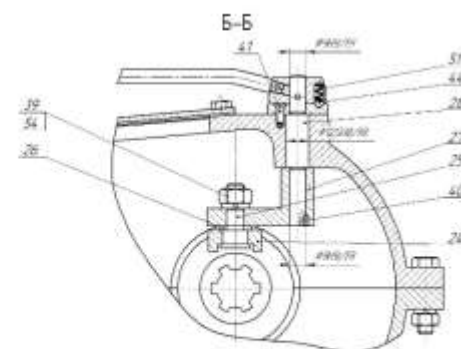
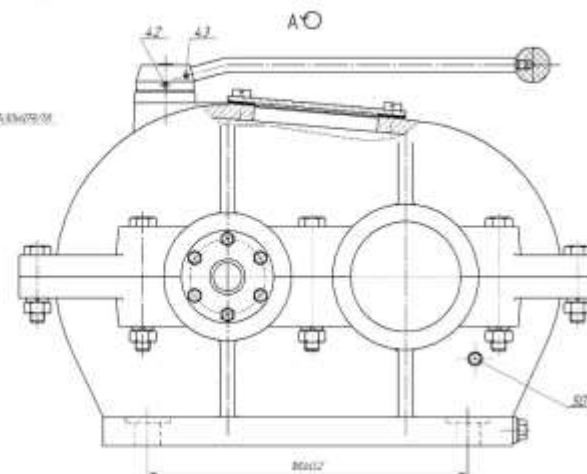
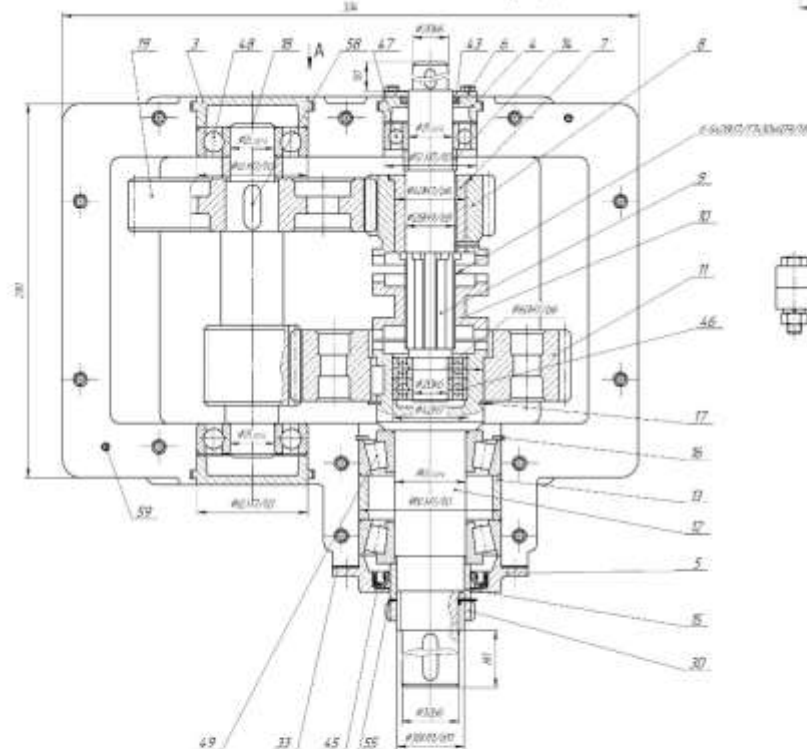
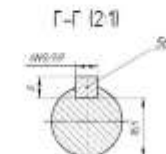
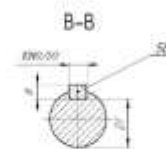
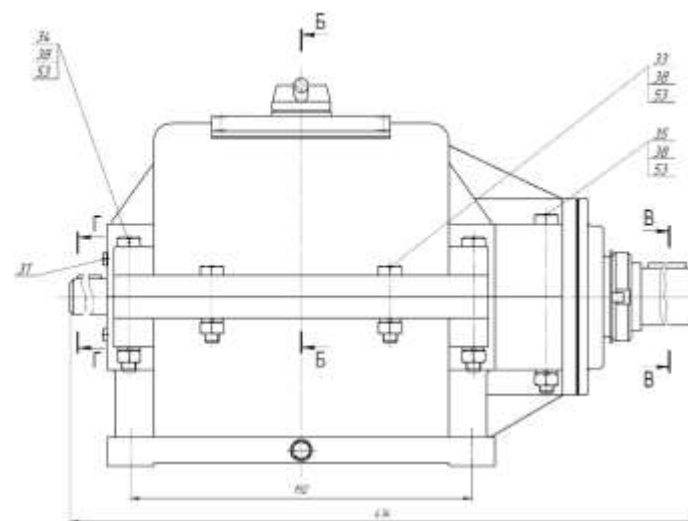
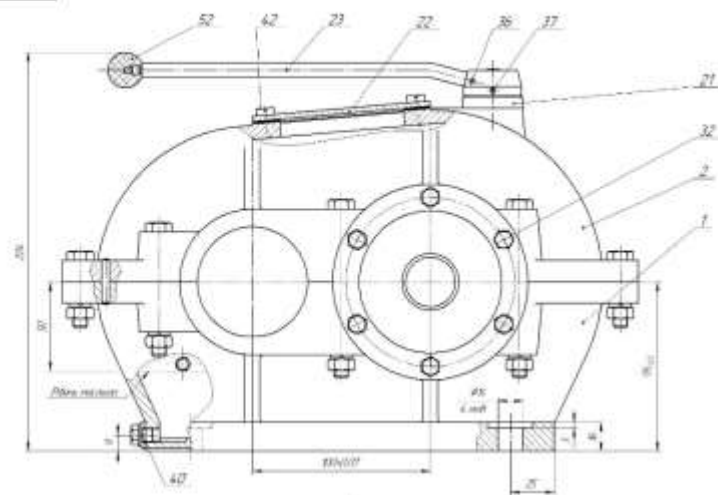
Нечаєв В.П.

Завідувач кафедри

(підпис)

Рязанцев А.О.

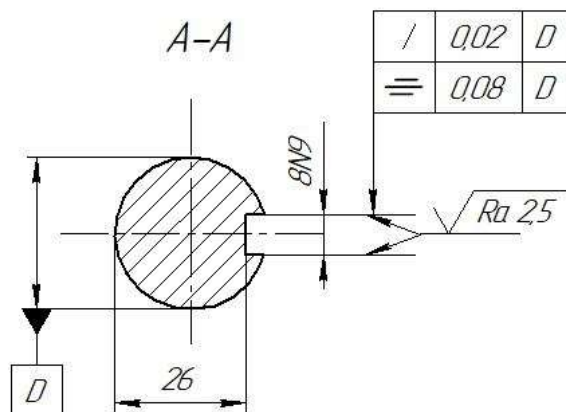
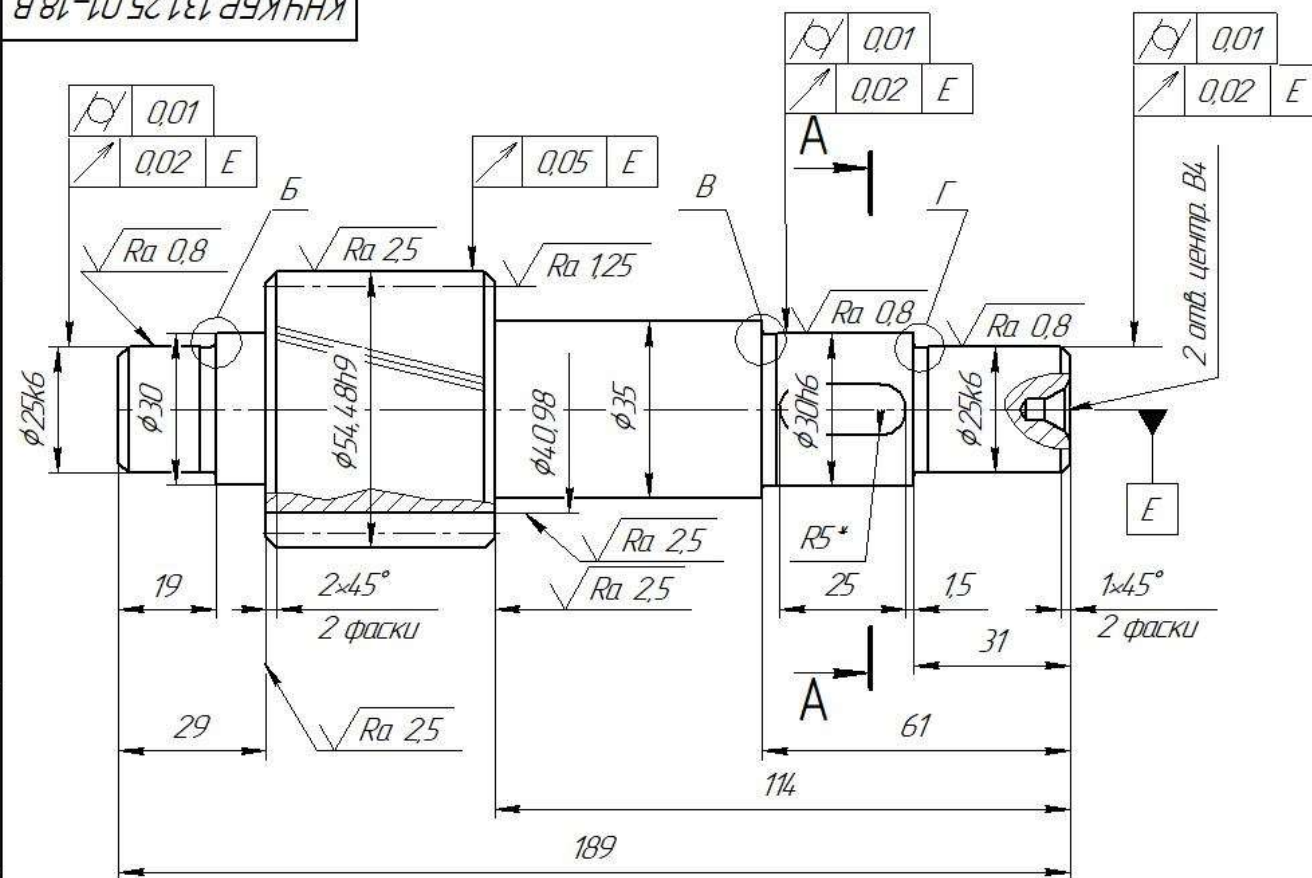
Кривий Ріг
2025 р.



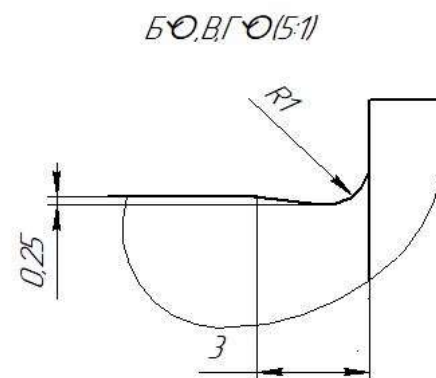
- | | |
|--|-------|
| <i>Genus subgenus</i> | |
| 1. <i>Argemone</i> or <i>schubertiana</i> flag. var. | 1 |
| 2. <i>Argemone schubertiana</i> flag. at | 80 |
| <i>flagellata</i> var. | |
| 1 - <i>schubertiana</i> | 4.5 |
| 2 - <i>schubertiana</i> | 10 |
| <i>Argemone schubertiana</i> flag. at | |
| 1 - <i>schubertiana</i> | 24.25 |
| 2 - <i>schubertiana</i> | 100 |

1. Изобразить систему координат, указать значения x и y точек.
2. Написать формулы для вычисления $\sin$ и $\cos$ для углов 0° , 30° , 45° , 60° , 90° .
3. Изобразить график функции $y = \sin x$ на отрезке $[0; 2\pi]$.
4. Найти значение функции $y = \sin x$ при $x = \frac{\pi}{6}$, $\frac{\pi}{4}$, $\frac{\pi}{3}$.
5. Изобразить график функции $y = \cos x$ на отрезке $[0; 2\pi]$.
6. Найти значение функции $y = \cos x$ при $x = \frac{\pi}{6}$, $\frac{\pi}{4}$, $\frac{\pi}{3}$.

[illegible]



Модуль	m	3
Кількість зубців	z	16
Кут нахилу зуба	β	$8^{\circ}7''$
Напрямок лінії зуба	-	Правий
Ділильний діаметр	d	48,48



1. *Розмір забезпечується інструментом
2. Термообробка (СВЧ) загартування на твердість HRC 48-52
3. Невказані граничні відхилення розмірів: отворів H14, валів h14, інших +IT14/2

						КНУКБР.131.25.01-18.В			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал-шестерня	Лит.	Масса	Масштаб	
Разработ.	Побажный					Н		2,9	1:1
Пров.	Бондар								
Т.контр.						Лист	Листов		
Керидчик									
Н.контр.	Нечасов				Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015	Кафедра ТМ гр. ПМ-21			
Удп.	Рязанцев								

Перв. застос.

Стор. №

Підп. і дата

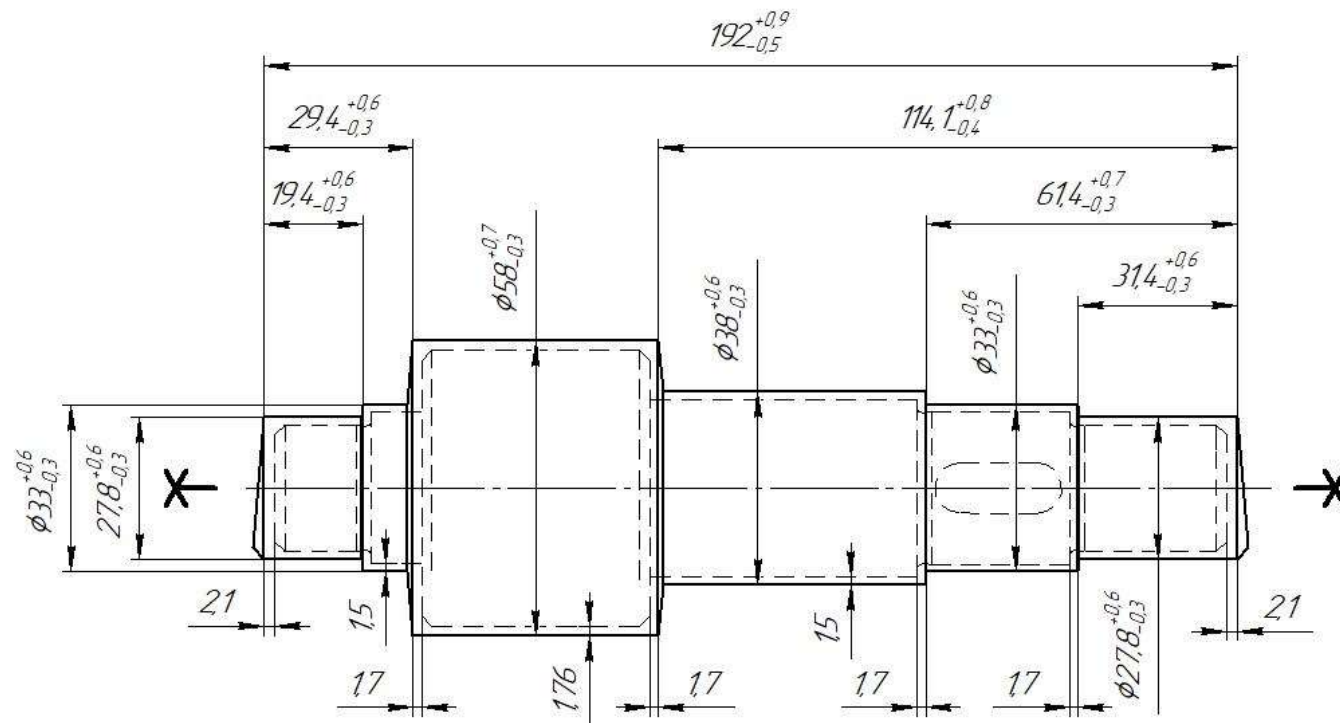
Інв. № дубл.

Взам. інв. №

Підп. і дата

Інв. № орг.

КНУ.КБР.131.25.1-18.ВШКШ

 $\sqrt{Rz\ 20\ (\checkmark)}$ 

1. Поковка Гр II НВ 187..229 згідно стандарту. Клас точності Т2, група сталі М2, ступінь складності С1, вихідний індекс 7
2. Допустиме зміщення площини роз'єму 0,5 мм
3. Допустиме значення залишкового облою по зовнішньому контуру поковки 0,6 мм
4. Невказані радіуси заокруглень кутів поковки: зовнішні 16 мм, внутрішні 20 мм

5. Невказані штампувальні кути 5°
6. Очищення від окалини дробеструміневе
7. На оброблюваних поверхнях допускаються зовнішні дефекти не більше половини припуску
8. Розміри вихідної заготовки $\Phi 65 \times 156$, маса 4,1 кг

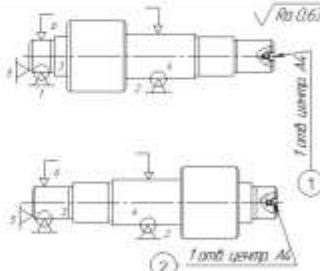
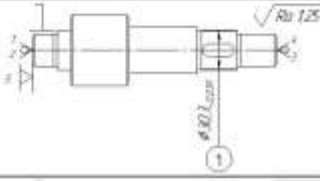
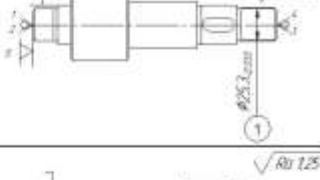
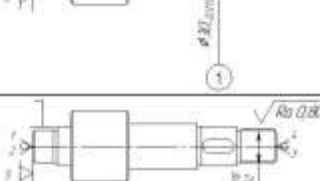
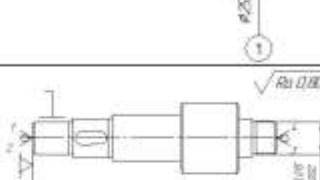
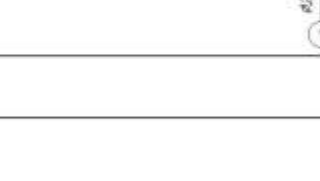
КНУ.КБР.131.25.1-18.ВШКШ					Лит. Маса Масштаб		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Вал-шестерня		
Розроб.	Побажний				(кованка штампована)		
Перев.	Бондар				Аркцш Аркцш		
Т.контр.					Сталь 40Х ДСТУ 7806:2015		
Н.контр.	Нечаєв				Кафедра ТМ		
Затв.	Рязанцев				гр. ПМ-21		

Копіював

Формат А3

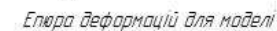
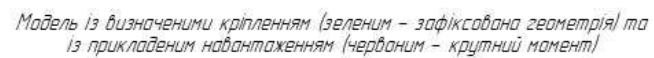
Структура та зміст технологічних операцій обробки (розроблений)

КНУКБР.13.125.1-18.117

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата і пристосування	Операційний ескіз	Номер і зміст переходів та установок	Різальний інструмент	Вимірний інструмент і контр. оснащення
045 Центро-шліфувальна	Центрошліфувальний верстат мод.3992		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.1 начисто Перевстановити, закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.2 начисто	1 Головка шліфувальна EW16x50 24A 25-H CT1 KA 35м/с згідно стандарту	1 Калібр-пробка згідно стандарту
050 Шліфувальна (чорнава)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий поводковий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 30,3h8$	1 Круг шліфувальний 300x125x50 24A 10-П CT 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Калібр-скоба $\phi 30,3 h8$ згідно стандарту
055 Шліфувальна (чорнава)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий поводковий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25,3h8$	1 Круг шліфувальний 300x125x50 24A 10-П CT 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Калібр-скоба $\phi 25,3 h8$ згідно стандарту
060 Шліфувальна (чорнава)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий поводковий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25,3h8$	1 Круг шліфувальний 300x125x50 24A 10-П CT 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Калібр-скоба $\phi 25,3 h8$ згідно стандарту
065 Зубо-шліфувальна	Зубошліфувальний верстат мод.5A84.11		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати зубці пов.1 в розмір $\phi 54,48h9$	1 Круг шліфувальний 80x10x20 24A 10-П CM 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Штангензубомір ШЗН-18 згідно стандарту 2 Нормаліметр БВ-5134-01/02 згідно стандарту
070 Шліфувальна (чистова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий поводковий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.2 в розмір $\phi 30h6$	1 Круг шліфувальний 300x125x50 24A 10-П CM 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Калібр-скоба 8113-0122 h6 згідно стандарту
075 Шліфувальна (чистова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий поводковий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25m6$	1 Круг шліфувальний 300x125x50 24A 10-П CM 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Калібр-скоба 8113-0117 m6 згідно стандарту
080 Шліфувальна (чистова)	Круглошліфувальний верстат мод. 3М151 Двокулачковий поводковий патрон		Встановити закріпити та зняти деталь 1 Шліфувати пов.1 в розмір $\phi 25m6$	1 Круг шліфувальний 300x125x50 24A 10-П CM 7K1ПГ 35м/сА кл1 згідно стандарту	1 Калібр-скоба 8113-0117 m6 згідно стандарту
085 Слесарна	Пнеумошліфмашинка мод. МП-011		Зачистити задри і притупити гострі краї	1 KW16x16 24A 25H CT1 6KA35м/с згідно станд.	
090 Контрольна	Стіл ВТК 6110-5243		Контроль деталі.		Контрольне пристосування КНУКБР.13.125.1-18.КП

$$\Delta T = T_{\text{шт. деталі}} - T_{\text{шт. прокат}} = 1,62 \text{ хв}$$

КНУКБР.13.125.1-18.117																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Структура та зміст технологічних операцій обробки деталі-шестерні	Контроль																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
<table border="1"> <tr> <th>№</th> <th>Вид</th> <th>Відомості</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>38</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>39</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>44</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>46</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>51</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>52</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>53</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>56</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>57</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>58</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>59</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>61</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>62</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>65</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>67</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>69</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>71</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>73</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>74</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>76</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>77</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>78</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>79</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>81</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>83</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>84</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>85</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>86</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>87</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>88</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>89</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>91</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>92</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>93</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>94</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>95</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>96</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>97</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>98</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>99</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> </table>	№	Вид	Відомості	1	Введення		2	Введення		3	Введення		4	Введення		5	Введення		6	Введення		7	Введення		8	Введення		9	Введення		10	Введення		11	Введення		12	Введення		13	Введення		14	Введення		15	Введення		16	Введення		17	Введення		18	Введення		19	Введення		20	Введення		21	Введення		22	Введення		23	Введення		24	Введення		25	Введення		26	Введення		27	Введення		28	Введення		29	Введення		30	Введення		31	Введення		32	Введення		33	Введення		34	Введення		35	Введення		36	Введення		37	Введення		38	Введення		39	Введення		40	Введення		41	Введення		42	Введення		43	Введення		44	Введення		45	Введення		46	Введення		47	Введення		48	Введення		49	Введення		50	Введення		51	Введення		52	Введення		53	Введення		54	Введення		55	Введення		56	Введення		57	Введення		58	Введення		59	Введення		60	Введення		61	Введення		62	Введення		63	Введення		64	Введення		65	Введення		66	Введення		67	Введення		68	Введення		69	Введення		70	Введення		71	Введення		72	Введення		73	Введення		74	Введення		75	Введення		76	Введення		77	Введення		78	Введення		79	Введення		80	Введення		81	Введення		82	Введення		83	Введення		84	Введення		85	Введення		86	Введення		87	Введення		88	Введення		89	Введення		90	Введення		91	Введення		92	Введення		93	Введення		94	Введення		95	Введення		96	Введення		97	Введення		98	Введення		99	Введення		100	Введення		<table border="1"> <tr> <th>№</th> <th>Вид</th> <th>Відомості</th> </tr> <tr> <td>1</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>19</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>20</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>21</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>22</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>23</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>24</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>25</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>26</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>27</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>28</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>29</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>30</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>31</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>32</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>33</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>34</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>35</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>36</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>37</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>38</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>39</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>40</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>41</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>42</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>43</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>44</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>45</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>46</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>47</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>48</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>49</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>50</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>51</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>52</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>53</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>54</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>55</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>56</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>57</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>58</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>59</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>60</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>61</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>62</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>63</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>64</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>65</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>66</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>67</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>68</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>69</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>70</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>71</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>72</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>73</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>74</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>75</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>76</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>77</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>78</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>79</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>80</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>81</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>82</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>83</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>84</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>85</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>86</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>87</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>88</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>89</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>90</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>91</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>92</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>93</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>94</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>95</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>96</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>97</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>98</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>99</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>Введення</td> <td></td> </tr> </table>	№	Вид	Відомості	1	Введення		2	Введення		3	Введення		4	Введення		5	Введення		6	Введення		7	Введення		8	Введення		9	Введення		10	Введення		11	Введення		12	Введення		13	Введення		14	Введення		15	Введення		16	Введення		17	Введення		18	Введення		19	Введення		20	Введення		21	Введення		22	Введення		23	Введення		24	Введення		25	Введення		26	Введення		27	Введення		28	Введення		29	Введення		30	Введення		31	Введення		32	Введення		33	Введення		34	Введення		35	Введення		36	Введення		37	Введення		38	Введення		39	Введення		40	Введення		41	Введення		42	Введення		43	Введення		44	Введення		45	Введення		46	Введення		47	Введення		48	Введення		49	Введення		50	Введення		51	Введення		52	Введення		53	Введення		54	Введення		55	Введення		56	Введення		57	Введення		58	Введення		59	Введення		60	Введення		61	Введення		62	Введення		63	Введення		64	Введення		65	Введення		66	Введення		67	Введення		68	Введення		69	Введення		70	Введення		71	Введення		72	Введення		73	Введення		74	Введення		75	Введення		76	Введення		77	Введення		78	Введення		79	Введення		80	Введення		81	Введення		82	Введення		83	Введення		84	Введення		85	Введення		86	Введення		87	Введення		88	Введення		89	Введення		90	Введення		91	Введення		92	Введення		93	Введення		94	Введення		95	Введення		96	Введення		97	Введення		98	Введення		99	Введення		100	Введення	
№	Вид	Відомості																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
5	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
6	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
7	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
8	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
9	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
10	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
11	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
12	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
13	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
14	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
15	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
16	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
17	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
18	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
19	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
20	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
21	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
22	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
23	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
24	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
25	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
26	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
27	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
28	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
29	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
30	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
31	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
32	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
33	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
34	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
35	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
36	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
37	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
38	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
39	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
40	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
41	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
42	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
43	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
44	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
45	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
46	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
47	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
48	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
49	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
50	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
51	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
52	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
53	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
54	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
55	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
56	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
57	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
58	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
59	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
60	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
61	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
62	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
63	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
64	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
65	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
66	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
67	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
68	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
69	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
70	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
71	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
72	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
73	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
74	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
75	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
76	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
77	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
78	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
79	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
80	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
81	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
82	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
83	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
84	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
85	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
86	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
87	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
88	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
89	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
90	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
91	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
92	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
93	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
94	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
95	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
96	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
97	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
98	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
99	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
100	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
№	Вид	Відомості																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
2	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
3	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
4	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
5	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
6	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
7	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
8	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
9	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
10	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
11	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
12	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
13	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
14	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
15	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
16	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
17	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
18	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
19	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
20	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
21	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
22	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
23	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
24	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
25	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
26	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
27	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
28	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
29	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
30	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
31	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
32	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
33	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
34	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
35	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
36	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
37	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
38	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
39	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
40	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
41	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
42	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
43	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
44	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
45	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
46	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
47	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
48	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
49	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
50	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
51	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
52	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
53	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
54	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
55	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
56	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
57	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
58	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
59	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
60	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
61	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
62	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
63	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
64	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
65	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
66	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
67	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
68	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
69	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
70	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
71	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
72	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
73	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
74	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
75	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
76	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
77	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
78	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
79	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
80	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
81	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
82	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
83	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
84	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
85	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
86	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
87	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
88	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
89	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
90	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
91	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
92	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
93	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
94	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
95	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
96	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
97	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
98	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
99	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
100	Введення																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														

[illegible]

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 Поважний Олександр Сергійович

1. Тема: Підвищення ефективності технологічної підготовки виробництва деталі «Вал-шестерня» коробки передач із використанням обладнання з ЧПК та CAD/CAE-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-шестерня». 3. Креслення коробки передач

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 коробки передач. 2. Вал-шестерня. 3. Заготовка. 4. Технологічний процес. 5. Результати обчислення вала у SW Simulation. 6. Контрольне пристосування

6. Календарний план:

№ з/п	Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання
1.	Розробка та узгодження технічного завдання	26.02.2025
2.	Технічне завдання та аналіз вихідних даних	01.03.2025
3.	Призначення об'єкту виробництва	10.03.2025
4.	Аналіз технологічності деталі.	20.03.2025
5.	Креслення деталі та заготовки (А2-А4).	30.03.2025

6.	Вибір та обґрунтування послідовності обробки поверхонь деталі.	10.04.2025
7.	Вибір верстатів та інструментів.	20.04.2025
8.	Розробка технологічного процесу обробки деталі.	30.04.2025
9.	Розробка конструкції контрольного пристосування та інженерний розрахунок вала (A2)	10.05.2025
10.	Організаційно-економічна підготовка виробництва.	20.05.2025
11.	Висновки	30.05.2025
12.	Оформлення РПЗ	01.06.2025
13.	Попередній захист	07.06.2025

Дата видачі завдання: «26» лютого 2025 р.

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

Завдання отримав
здобувач освіти _____ / Поважний О.С./