

Дніпро – 2026 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty of Machines Design and Environmental Protection

(faculty)

Department of Mechanical Engineering Technology

(department)

Explanatory Note
to Bachelor's qualification work
(higher education degree)

on the topic: Development of the technological process for manufacturing an input shaft of a gearbox in small-batch production

according to educational curriculum Mechanical Engineering Technology

in the Speciality: 131- applied mechanics

(speciality and its code)

Done by the student of the group: IM01-22-T

/ Maksym KAZYMYROV/
(name, surname)

Scientific Supervisor:

/ doc. Serhii BONDARENKO /
(position, name, surname)

/ senior teacher

Normative controller :

Vladlen KARABUT/
(position, name, surname)

Supervisors

Analytic chapter

(Chapter title heading)

/ doc. Serhii BONDARENKO /
(position, name, surname)

Main chapter

(Chapter title heading)

/ doc. Serhii BONDARENKO /
(position, name, surname)

Occupational safety and
environmental protection

(Chapter title heading)

/ doc. Yaroslav ROMANKO /
(position, name, surname)

(Chapter title heading)

(position, name, surname)

2. Строк подання студентом роботи: 20.06.2026 р.
3. Вихідні дані до роботи: <i>1. Креслення деталі, 2. Базовий технологічний процес, 3. Річна програма випуску – 600 шт</i>
4. <i>Відомість обладнання механічної ділянки</i>
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
<i>1 Аналітична частина</i>
<i>2 Основна частина</i>
<i>3 Охорона праці та захист навколишнього середовища</i>
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
<i>1. Деталь та 3D модель валу – 1 лист А1; 2. Заготовка та 3D модель заготовки – 1 лист А4; 3. Технологічні наладки – 1 листа А1; А1; 4. План ділянки – 1 лист А1.</i>

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	Бондаренко С.В., доц	06.04.26	06.04.26
Основна частина	Бондаренко С.В., доц	06.04.26	06.04.26
Охорона праці та захист навколишнього середовища	Романько Я.В., доц.	06.04.26	06.04.26

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	до 29.04.2026	
2	Основна частина	до 25.05.2026	
3	Охорона праці та захист навколишнього середовища	до 05.06.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	до 10.06.2026	
5	Виконання презентаційної частини роботи	до 13.06.2026	
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	до 15.06.2026	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	19.06.2026	

Студент

(підпис)

Максим КАЗИМИРОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Сергій БОНДАРЕНКО

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

[illegible]

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра містить: ____ с.,
10 рис., 16 табл., 3 додатки, 37 джерел.

Об'єкт розробки - технологічний процес виготовлення первинного валу редуктора в умовах сталого виробництва.

Метою розробки є розробка технологічного процесу виготовлення первинного валу редуктора в дрібносерійному виробництві та проектування робочої ділянки.

Розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі типу вал-шестерня, що включає вибір оптимального способу отримання заготовки та визначення припусків на механічну обробку. Складено оптимальний маршрут обробки із застосуванням сучасного обладнання, ріжучого та вимірювального інструменту. Підготовлено повний комплект технологічної документації, технологічні налагодження та швидкодіючий верстатний пристрій.

Розроблені вихідні дані для проектування механічної ділянки для виготовлення деталей, передбачених завданням. Проведено аналіз шкідливих і небезпечних чинників на механічній ділянці та заходи по їх усуненню.

Ключові-слова: ЗАГОТОВКА, ВАЛ, РЕДУКТОР, РІЗЕЦЬ ТЕХНОЛОГІЯ, ОБРОБКА

					6.131.221395.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	РЕФЕРАТ		
Розроб.		Казимирів М.О.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабун В.М.					
Затв.		Незруб С.Л.					
					Лит.	Арк.	Аркушів
					Б	Т	1 1
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т		

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	стор. 9
1	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	11
1.1	Техніко-економічний аналіз вихідних даних роботи.....	11
1.1.1	Службове призначення виробу	11
1.1.2	Аналіз технологічності конструкції деталі.....	13
1.1.3	Визначення програми випуску продукції та типу виробництва.....	15
1.1.4	Аналіз ринку збуту та конкурентоспроможність.....	15
1.2	Аналіз базового технологічного процесу заводу.....	17
2	ОСНОВНА ЧАСТИНА.....	20
2.1.	Проектування технологічного процесу.....	20
2.1.1.	Вибір і обґрунтування способу отримання заготовки.....	20
2.1.2.	Вибір методів обробки поверхонь.....	23
2.1.3	Вибір технологічних і вимірювальних баз.....	24
2.1.4	Формування маршруту виготовлення деталі.....	25
2.1.5	Вибір технологічного обладнання.....	27
2.1.6	Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки.....	28
2.1.7.	Вибір пристосувань.....	33
2.1.8	Вибір різального та допоміжного інструменту.....	34
2.1.9	Вибір засобів технічного контролю.....	35
2.1.10	Проектування технологічного процесу обробки деталі.....	36
2.1.11	Визначення режимів обробки.....	36
2.1.12	Технічне нормування технологічного процесу.....	39
2.1.13	Проектування технологічних налагоджень.....	42

					6.131.221395.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Казимирів М.О.			Зміст			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перев.		Бондаренко С.В.						Б	Т	1	2
Реценз.								МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т			
Н. контр.		Карабун В.М.									
Затв.		Незруб С.Л.									

2.2 Розрахунок і проектування верстатного пристосування.....	42
2.2.1 Аналіз вихідних даних.....	42
2.2.2 Вибір принципової схеми пристосування.....	43
2.2.3 Силовий розрахунок пристосування.....	46
2.2.4 Оцінка точності пристосування.....	48
2.3 Розробка даних для проектування механічної ділянки.....	49
2.3.1 Аналіз вихідних даних для проектування ділянки цеху.....	49
2.3.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання.....	51
2.3.3 Розрахунок кількості робочих ділянки цеху.....	53
2.3.4 Розрахунок продуктивності площі ділянки цеху.....	56
2.4 Оцінка економічної ефективності проектних рішень.....	57
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО	
СЕРЕДОВИЩА.....	64
3.1. Аналіз умов праці та пожежної безпеки.....	64
3.2. Заходи покращення умов праці.....	68
3.3. Захист навколишнього середовища.....	72
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	76
ДОДАТКИ.....	80

ВСТУП

Розвиток і модернізація виробничих процесів належать до стратегічних пріоритетів сучасного машинобудування. Успішне вирішення технологічних завдань передбачає широке впровадження передових способів отримання заготовок, їх подальшої механічної обробки та складання виробів. Водночас важливого значення набуває раціональне використання внутрішніх виробничих резервів, спрямоване на зростання продуктивності праці, підвищення якості продукції та зменшення її собівартості. За таких умов інженер повинен володіти ґрунтовними знаннями з технології виготовлення деталей машин і вміти ефективно реалізовувати їх у практичній діяльності.

Поступальний науково-технічний розвиток зумовлює постійне оновлення та ускладнення технологічних систем у машинобудуванні. Сучасні технології характеризуються інтеграцією результатів фундаментальних і прикладних досліджень, розширенням функціональних можливостей обладнання та впровадженням інноваційних підходів, що формуються на стику різних галузей науки й техніки. Це визначає необхідність системного вдосконалення як окремих операцій, так і виробничих процесів у цілому.

В умовах складних економічних викликів машинобудівна галузь України продовжує адаптуватися до змін та шукати шляхи сталого розвитку. Реалізація галузевих і державних програм підтримки створює передумови для технічного переоснащення підприємств і підвищення їх конкурентоспроможності.

Актуальними напрямками розвитку технології машинобудування є оптимізація існуючих і створення нових способів обробки заготовок, забезпечення заданих показників точності та якості поверхонь, підвищення стабільності й надійності технологічних процесів.

					6.131.221395.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Казимирів М.О.			ВСТУП			Літ.	Арк.	Аркушів	
Перев.		Бондаренко С.В.						Б	Т	1	2
Реценз.								МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ зр. ІМ 01-22-Т			
Н. контр.		Карабун В.М.									
Затв.		Незруб С.Л.									

Метою дипломної роботи є розроблення та обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі типу «вал-шестерня» з використанням сучасного технологічного обладнання та прогресивного оснащення.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних

1.1.1 Службове призначення виробу і деталі

Деталь вал-шестерня входить до складу циліндричного редуктора Ц2-300 та є одним із ключових конструктивних елементів даного вузла. Основне призначення деталі полягає у передачі обертального руху та крутного моменту до виконавчих елементів механізму за допомогою зубчастого зачеплення та шпонкового з'єднання [1]. Конструктивне виконання деталі у вигляді єдиного цілого - валу із зубчастою шестернею - забезпечує підвищену жорсткість та компактність вузла, а також спрощує його складання та технічне обслуговування в процесі експлуатації.

Ескіз розглядуваної деталі наведено на рисунку 1.1.

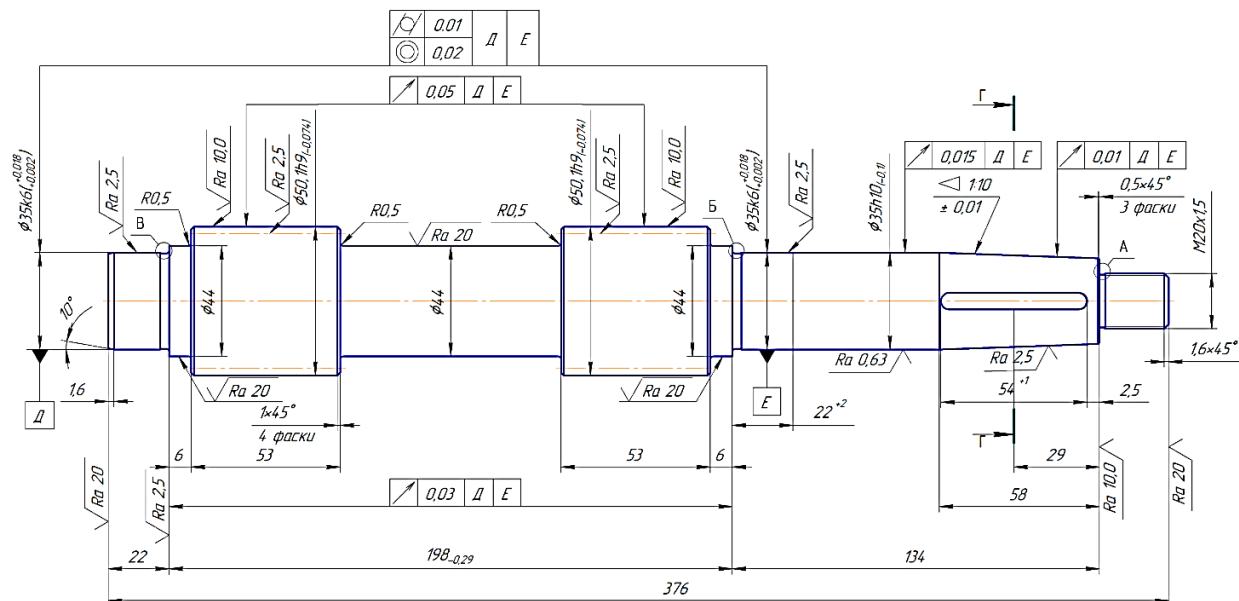


Рисунок 1.1 - Ескіз деталі

					6.131.221395.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Казимиров М.О.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабун В.М.					
Затв.		Незгуд С.Л.			Лит.		
					Арк.		
					Архив		
					Б	Т	1
					9		
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т		

На конічний хвостовик вал-шестерні насаджується муфта, передача обертального руху від якої також здійснюється за допомогою шпонкового з'єднання. Застосування конічної посадки у поєднанні зі шпонковим з'єднанням забезпечує надійну фіксацію муфти на хвостовику, виключає можливість її провертання під навантаженням та спрощує демонтаж деталі під час ремонту.

Діаметральні розміри деталі, визначені кресленнями замовника, є опорними для встановлення радіально-упорних підшипників, які сприймають як радіальні навантаження від сил зубчастого зачеплення, так і осьові зусилля, що виникають у процесі роботи редуктора. Правильний підбір підшипників та забезпечення необхідної точності посадкових поверхонь є важливою умовою довговічної та надійної роботи всього вузла в цілому. Безпосередня передача обертального руху до елементів механізму здійснюється через зубчасту шестерню, геометричні параметри якої розраховуються відповідно до заданих умов навантаження та необхідного передаточного відношення редуктора.

Вал виготовлений зі сталі 40X, хімічний склад якої наведено у таблиці 1.1. з межею міцності 615 МПа (таблиця 1.2).

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40X[2]

C,%	Si,%	Mn,%	Ni,%	S,%	P,%	Cr, %	Cu,%	Fe, %
0,36-0,44	0.17-0.37	0.5-0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8-1,1	до 0.3	≈ 97

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 40X

σ_{τ} , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %	KCU, КДж / м2	HB, МПа
395	615	15	40	54	210

					6.131.221395.ПЗ				Арк.
									2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Розглядаєма деталь є частиною кранового двоступінчатого редуктора (рисунок 1.2), що використовується при повторно-короткочасних режимах роботи. Основною сферою його використання є приводи вантажопідіймальних кранів. Даний тип редуктору виконується з роздвоєним шевронним зачепленням на першому ступені, така конструкція підвищує плавність ходу та значно збільшує термін служби. У свою чергу редуктор є складовим елементом приводу візка мостового крана. Привід складається з електродвигуна, редуктора, з'єднувальних муфт, гальма і приводних коліс.



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд редуктора, частиною якого є розглядаєма деталь

1.1.2 Аналіз технологічності конструкції

Досліджувана деталь відноситься до класу деталей типу «вал», що зумовлює специфіку її конструктивного виконання та особливості побудови технологічного процесу механічної обробки.

Аналіз робочого креслення показує, що розмірні параметри нанесені правильно, у повному обсязі та з урахуванням зручності проведення контролю в умовах серійного виробництва. Показники шорсткості поверхонь наведені

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відповідно до вимог чинних стандартів ДСТУ [3-5], що забезпечує однозначне трактування технічних вимог і належну якість виготовлення деталі.

Беручи до уваги умови експлуатації деталі у складі вузла, встановлену річну програму випуску та її конструктивно-геометричні особливості, можна зробити висновок про доцільність і технічну обґрунтованість вибору матеріалу, який відповідає експлуатаційним навантаженням і вимогам надійності. Конструкція деталі має достатню твердість ($1 / d < 6$), допускає вживання високих режимів різання.

Конфігурація деталі забезпечує вільний доступ ріжучого і вимірювального інструментів.

В якості технологічної бази доцільно використовувати зовнішні циліндричні поверхні і торці деталі.

В цілому деталь є технологічною. Тривимірна модель розглядаємої деталі наведена на рисунку 1.3.

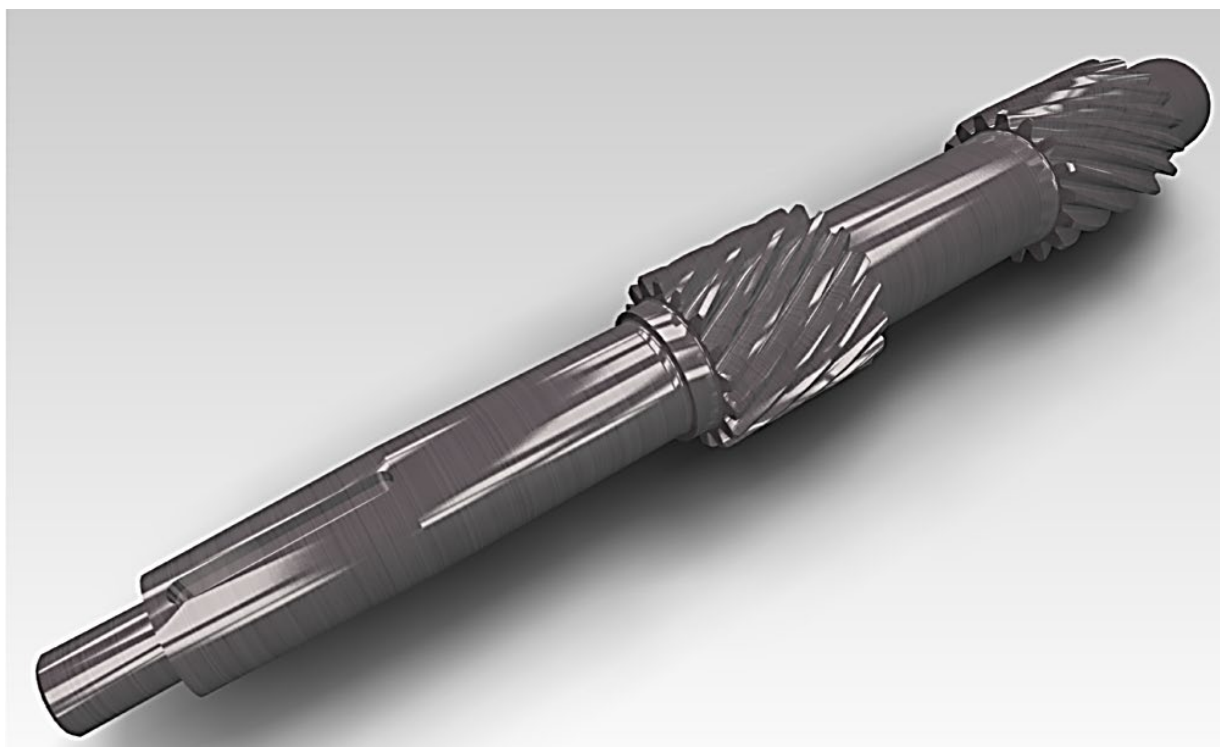


Рисунок 1.3 - Тривимірна модель деталі

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1.3 Визначення програми випуску продукції та типу виробництва

Під час встановлення програми виготовлення деталей враховують кількість однойменних елементів у складі виробу, вузла чи механізму, запланований обсяг їх річного випуску, потребу в запасних частинах, а також можливі технологічні втрати, пов'язані з браком у процесі виробництва. Окрім цього, беруть до уваги перспективи розвитку підприємства та галузі в цілому, що є базою проходження виробничої практики [6].

Річний обсяг виготовлення деталей визначають за формулою:

$$N_p = N_v \cdot m \cdot (1 + a/100) \cdot (1 + v/100) \quad (1.1)$$

де N_v – річна програма випуску виробів (складальних одиниць, машин, механізмів) до складу яких входить деталь;

m – кількість деталей, що входять до складу одного виробу;

a – відсоток деталей, що необхідні в якості запасних частин ($a=1\% \dots 10\%$);

v – відсоток можливих технологічних втрат виробництва від браку ($v=2\% \dots 6\%$).

$$N_p = 600 \cdot 1 \cdot (1 + 5/100) \cdot (1 + 3/100) = 648,9 \text{ шт}$$

Приймаємо обсяг рівний 649 шт

1.1.4 Аналіз ринку збуту та конкурентоспроможність

За даними аналізу ринку, обсяг пропозиції кранових редукторів на українському ринку у 2021 році зріс на 3% порівняно з показниками 2020 року, що свідчить про поступове відновлення та розвиток даного сегменту ринку. При цьому частка імпортової продукції у 2020 році становила 51,5%, що вказує на суттєву залежність вітчизняного ринку від закордонних постачальників [7].

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Слід зазначити, що паралельно із загальним зростанням ринку кранових редукторів, складовим елементом яких є розглядувана деталь, спостерігалось також збільшення частки іноземних виробників. Серед провідних країн-виробників та імпортерів кранових редукторів домінуюче положення займає Китай, частка якого становить близько 54% ринку. На другому місці знаходиться Німеччина з часткою близько 17%, тоді як вітчизняні українські виробники займають 16% ринку. Частка решти країн-учасників ринку є відносно невеликою і становить приблизно 1–2% кожна, що детально відображено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Структура ринку мостових редукторів, частиною яких є вал-шестерня

№ п/п	Країна виробниу	Відсоток ринку, %
1	Китай	54
2	Німеччина	17
3	Україна	16
4	Бразилія	2
5	Чехія	1
6	Інші	10

Головними виробниками кранових редукторів на Україні станом на 2020 р є:

- ПАТ «Дніпроважмаш».
- ПАТ «Новокраматорський машинобудівний завод»;
- ПАТ «Енергомашспецсталь»;
- ПАТ «Азовмаш» ;

З метою підвищення конкурентоспроможності для даного виду продукції рекомендується стратегія лідерства за витратами, а саме стратегія, заснована на внутрішній конкурентній перевазі, яка базується головним чином на організаційних та виробничих інновацій.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана стратегія передбачає:

- 1) Для досягнення максимальної автоматизації процесів використання сучасного обладнання. Відповідно, компанія яка намагається стати лідером по витратах потребує якомога більш якісного персоналу, який буде виконувати свою роботу більш якісно і швидко.
- 2) Збільшення охоплення ринку збуту, що дозволяє знизити витрати,. Це логічно, тому що чим більше масштаби виробництва, тим менші витрати на нього.
- 3) Постійне впровадження нових технологічних та управлінських рішень з метою зменшення виробничих витрат і постійного перебування лідером ринку по витратах.
- 4) Не можна ігнорувати принципи диференціації, так як є можливість того, що покупці вважатимуть якість продукції компанії не гідним для них. А по тому, треба розуміти, що низькі витрати не є синонімом низькоякісної продукції, і навіть не є синонімом дешевої продукції. Ніхто не заважає при належному позиціонуванні продавати товари за тією ж ціною, що і конкуренти. А за рахунок низьких витрат компанія зможе отримувати більш високий прибуток.
- 5) Постійне спостереження за поточною ситуацією на ринку збуту та швидке реагування на її зміну.

1.2 Аналіз базового технологічного процесу заводу

Базовий технологічний процес виготовлення вал-шестерні редуктора представлено в таблиці 1.4.

За нею заготовкою для виготовлення вал-шестерні за кресленнями замовника виготовляють методом прокатки. Найчастіше коефіцієнт використання матеріалу при такому способі виготовлення заготовки становить до 0,51.

Послідовність операцій відповідає програмі випуску деталей.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.4 – Базовий технологічний маршрут обробки деталі вал-шестерні

№ операції	Найменування операції	Найменування и модель устаткування
005	Заготівельна	Прокат
010	Фрезерно-центрувальна	Центрувальний верстат 2912-1
015	Токарна	Токарно-гвинторізний верстат 1Н65
020	Слюсарна	Слюсарний верстат
025	Вертикально-фрезерна	Вертикально-фрезерний верстат 6Т13
030	Слюсарний	Слюсарний верстат
035	Контрольна	Стіл ВТК
040	Зубофрезерна	Зубофрезерний верстат 53А30П
045	Слюсарна	Слюсарний верстат
050	Контрольна	Стіл ВТК
055	Круглошліфувальна	Круглошліфувальний верстат МА1420А-500
060	Слюсарна	Слюсарний верстат
065	Контрольна	Стіл ВТК

Для забезпечення заданої точності і шорсткості застосовується чистове точіння з наступним, після нього, шліфуванням. При обробці звикористовується універсальне обладнання, а також використовуються спеціальні пристосування і ріжучий інструмент.

В якості вимірювального інструменту використовується в основному універсальний вимірюючий інструмент. Ступінь автоматизації та механізації виробництва - середній.

Механічна обробка виконується на універсальних верстатах.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В рамках аналізу базового технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерня можна зробити висновок, що послідовність операцій цілком логічна. Однак, з метою вдосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі пропонується впровадження низки організаційно-технічних заходів.

По-перше, передбачається заміна існуючого методу виготовлення заготовки на більш економічний, що характеризується вищим коефіцієнтом використання матеріалу. Це дозволить скоротити відходи виробництва та знизити матеріальні витрати на виготовлення кожної одиниці продукції.

По-друге, замість застосування універсальних верстатів пропонується перейти до використання сучасних верстатів з числовим програмним керуванням. Впровадження верстатів з ЧПК забезпечить підвищення точності обробки, стабільність якості продукції та скорочення допоміжного часу на переналагодження обладнання.

По-третє, механічні кріпильні пристосування передбачається замінити автоматизованими, що сприятиме скороченню часу на встановлення та зняття заготовки, підвищенню продуктивності праці та покращенню умов роботи оператора.

По-четверте, операції шліфування пропонується замінити операціями тонкого точіння, що є більш продуктивним та економічно вигідним методом фінішної обробки поверхонь із забезпеченням необхідної точності розмірів та шорсткості.

Комплексне впровадження зазначених заходів дозволить не лише суттєво скоротити тривалість механічної обробки заготовки, а й досягти значного позитивного економічного ефекту за рахунок зниження витрат як на саму заготовку, так і на її подальшу обробку, що в підсумку позитивно позначиться на собівартості готової продукції.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Проектування технологічного процесу

2.1.1 Вибір і економічне обґрунтування способу отримання заготовки

Вибір раціонального методу виготовлення заготовки є відправною точкою при проектуванні технологічного процесу, оскільки саме від цього рішення значною мірою залежить економічна ефективність виробництва в цілому. За результатами аналізу базового заводського технологічного процесу та вимог робочого креслення деталі встановлено, що на існуючому виробництві заготовка первинного валу отримуюється методом прокатки. Проте даний метод характеризується суттєвими недоліками з точки зору раціонального використання матеріалу: маса заготовки становить 18,7 кг при масі готової деталі лише 5,96 кг, що відповідає коефіцієнту використання матеріалу 0,319. Настільки низький показник свідчить про те, що майже 68% матеріалу заготовки переводиться у стружку в процесі механічної обробки, що є економічно невиправданим та призводить до невиправданого зростання собівартості продукції.

З урахуванням зазначених недоліків як альтернативний та більш прогресивний метод отримання заготовки пропонується застосування штампування в підкладні штампи. Даний метод дозволяє значно зменшити величину припусків на механічну обробку, забезпечити більшу відповідність форми та розмірів заготовки параметрам готової деталі, а також підвищити коефіцієнт використання матеріалу.

					6.131.221395.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОСНОВНА ЧАСТИНА		
Розроб.		Казимирів М.О.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабун В.М.					
Затв.		Незруб С.Л.					
					Літ.	Арк.	Аркушів
					Б	Т	1 44
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т		

Крім того, застосування штампування є технологічно обґрунтованим рішенням з огляду на заданий показник серійності виробництва, оскільки при відповідних обсягах випуску витрати на виготовлення штампового оснащення повністю окупаються за рахунок економії матеріалу та скорочення трудомісткості механічної обробки. Техніко-економічне порівняння обох методів за коефіцієнтом використання матеріалу та трудомісткістю обробки підтверджує доцільність переходу на запропонований метод.

Для коректного призначення основних припусків, допусків і допустимих відхилень розмірів поковки визначається її вихідний індекс, який встановлюється відповідно до діючих нормативних документів залежно від маси деталі, марки сталі, ступеня складності та класу точності поковки. За результатами виконаного аналізу встановлено наступні класифікаційні параметри заготовки: група сталі — М2, клас точності — Т3, ступінь складності поковки — С2. На підставі сукупності отриманих параметрів вихідний індекс поковки становить 12, відповідно до якого за таблицями стандарту призначаються припуски та допуски на всі розміри заготовки.

Ескіз заготовки первинного валу наведено на рисунку 2.1, а її тривимірну модель на рисунку 2.2.

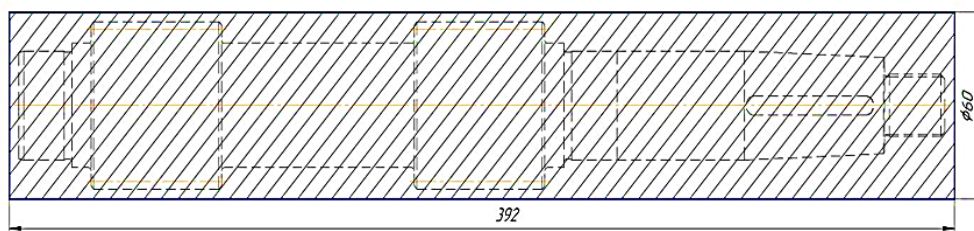


Рисунок 2.1 –Ескіз заготовки

Наступним етапом є визначення маси заготовок для обох варіантів з урахуванням призначених припусків та напусків на механічну обробку.

Як зазначалося раніше, маса заготовки, отриманої за базовим заводським варіантом методом прокатки, становить 18,7 кг. Натомість маса заготовки, виготовленої за запропонованим методом штампування в підкладні штампи, з

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

урахуванням визначених припусків та напусків становить 12,1 кг. Таким чином, різниця у масі між двома варіантами заготовок складає 6,6 кг на користь штампованої заготовки, що свідчить про суттєву економію матеріалу при переході на запропонований метод виготовлення.

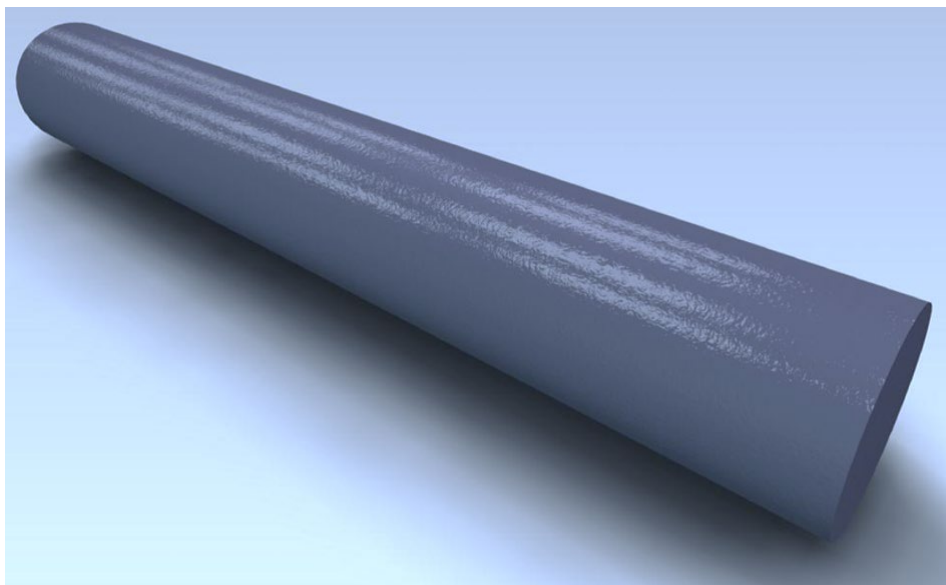


Рисунок 2.2 – Тривіірне зображення заготовки

Зменшення маси заготовки безпосередньо впливає на підвищення коефіцієнта використання матеріалу, скорочення обсягу механічної обробки та зниження загальної трудомісткості виготовлення деталі, що в сукупності забезпечує відчутний економічний ефект від впровадження запропонованого технологічного рішення.

З метою порівняння визначимо коефіцієнт використання матеріалу за запропонованим методом виготовлення заготовки:

$$KBM = \frac{5,96}{12,1} = 0,49$$

Порівняння даних коефіцієнті для базового та запропонованого методу виготовлення заготовки дозволяє зробити висновок, що штампована заготовка є більш раціональною.

Визначаємо вартість заготовки для кожного варіанту методу виготовлення заготовки [6]:

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M = Q_3 \cdot S_k \cdot K_T - q \cdot S_{отх}, \text{ грн} \quad (2.1)$$

де Q – маса заготовки, кг;

S_k – вартість 1 кг матеріалу;

K_T – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати;

q – маса реалізованих відходів, кг;

$S_{отх}$ – вартість 1 кг відходів

Підставивши в дане рівня відповідні значення для кожного варіанту виготовлення заготовки отримаємо:

$$M_{II} = 18,7 \cdot 15 \cdot 1,06 - 12,74 \cdot 2,5 = 265,48 \text{ грн}$$

$$M_{III} = 12,1 \cdot 18 \cdot 1,06 - 6,14 \cdot 2,5 = 215,52 \text{ грн}$$

Різниця між вартістю обраних заготовок становить :

$$A = M_1 - M_2, \text{ грн} \quad (2.2)$$

де - вартість заготовок по порівнюваним варіантів, грн. M_1, M_2

$$A = 265,48 - 215,52 = 49,96 \text{ грн}$$

Проаналізувавши отримані дані можна зробити висновок, що запропонований спосіб виготовлення заготовки є більш вигідним за базовий.

2.1.2 Вибір методів обробки поверхонь

План обробки основних поверхонь деталі первинного валу розроблено з урахуванням вимог робочого креслення щодо точності розмірів, геометричної форми та шорсткості поверхонь. Даний план визначає раціональну послідовність та методи обробки кожної поверхні деталі, забезпечуючи поетапне досягнення необхідних технічних вимог — від чорнової обробки заготовки до фінішних операцій. План обробки основних поверхонь деталі представлено у вигляді таблиці 2.1.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 - План обробки основних поверхонь деталі

Поверхня деталі	Креслярські вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	точність	шорсткість	технологічні переходи (операції)	точність	шорсткість
1	2	3	4	5	6
Ø35 k6	Ø35 ^{+0.018} _{+0.002}	Ra1.25	точіння чорнове	h12	Rz80
			точіння напівчистове	h10	Rz20
			точіння чистове	h8	Ra 3.2
			точіння тонке	k6	Ra 1.6
Ø50,1h9	Ø50,1 _{-0.06}	Ra3.2	точіння чорнове	h12	Rz80
			точіння напівчистове	h10	Rz 20
			точіння чистове	h9	Ra 3.2
Ø44 h14	Ø44 _{-0.3}	Rz20	точіння чорнове	h12	Rz20

2.1.3 Вибір технологічних і вимірювальних баз

Першою операцією в розробленому технологічному процесі механічної обробки деталі є токарна операція, що виконується на верстаті з числовим програмним керуванням. На даному етапі як технологічна база використовується зовнішня необроблена циліндрична поверхня вала. Застосування чорнової бази на першій операції є технологічно обґрунтованим рішенням, що дозволяє забезпечити рівномірний розподіл припусків на подальшу обробку та правильне взаємне розташування оброблюваних поверхонь [11].

Наступною є також токарна операція, що виконується на верстаті з ЧПК. На відміну від попередньої операції, на даному етапі як технологічні бази використовуються зовнішні циліндричні поверхні вала, отримані в ході попередньої обробки. Перехід від чорнових до чистових технологічних баз

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечує підвищення точності базування заготовки та дозволяє досягти необхідної точності розмірів і взаємного розташування поверхонь відповідно до вимог робочого креслення.

Для виконання операції фрезерування зубів як технологічні бази використовуються попередньо оброблені зовнішні циліндричні поверхні вала відповідних діаметрів. Використання точно оброблених поверхонь як баз при зубофрезеруванні є необхідною умовою забезпечення необхідної точності геометричних параметрів зубчастого вінця та їх правильного розташування відносно осі деталі.

2.1.4 Формування маршруту виготовлення деталі

Наступним етапом проектування технологічного процесу виготовлення деталі є формування маршруту обробки, який визначає раціональну послідовність технологічних операцій та забезпечує поступове досягнення необхідної точності та якості поверхонь деталі.

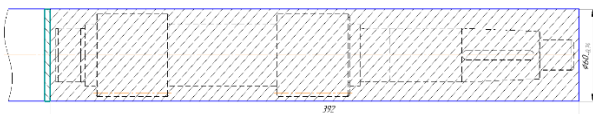
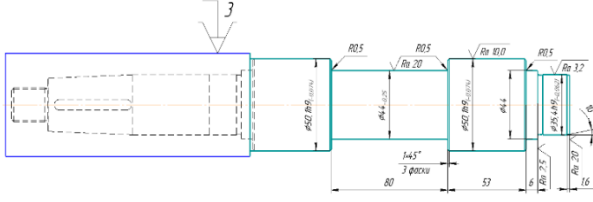
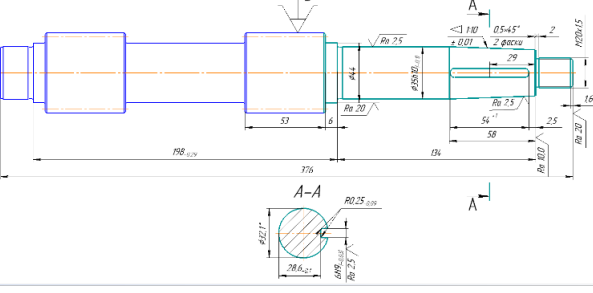
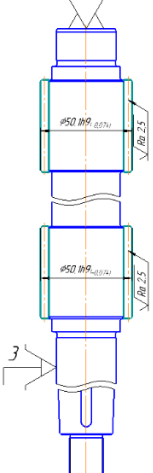
Відповідно до загальних принципів побудови маршруту механічної обробки, на першому етапі необхідно обробляти ті поверхні, які в подальшому використовуватимуться як технологічні бази для наступних операцій. Для розглядуваної деталі первинного валутакими поверхнями на початку обробки є торці вала, підготовка яких є обов'язковою умовою для забезпечення точного базування заготовки на наступних етапах технологічного процесу.

Технологічні бази, необхідні для подальшого виконання операції фрезерування зубів, формуються в ході наступних токарних операцій, під час яких забезпечується необхідна точність зовнішніх циліндричних поверхонь вала. Таким чином, дотримується принцип поступового підвищення точності обробки від чорнових до чистових операцій, що є основоположним при проектуванні раціонального технологічного процесу.

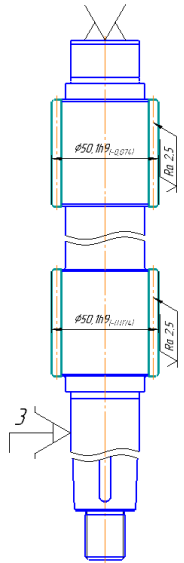
					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розроблений маршрут виготовлення деталі з детальним зазначенням усіх технологічних операцій, застосовуваного обладнання та технологічного оснащення зведено до таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Маршрут обробки розглядаємої деталі

№ опер.	Операція	Схема установки заготовки на верстаті	Назва та модель верстата																																							
005	Відрізна		Ножівковий відрізний верстат 8725A																																							
010	Токарська з ЧПУ		Haas ST-25Y																																							
015	Програмно-комбінован а з ЧПУ		Haas ST-25Y																																							
020	Зубофрезерний	 <table><tr><td>Модуль</td><td>m</td><td>2.5</td></tr><tr><td>Число зубів</td><td>z</td><td>15</td></tr><tr><td>Кут нахилу</td><td>β</td><td>29°22'29"</td></tr><tr><td>Нахил ліній зубів</td><td>-</td><td>шестерня</td></tr><tr><td>Нормальний кут профілю</td><td>-</td><td>ГОСТ 1755-81</td></tr><tr><td>Класифікація ступеня</td><td>k</td><td>0</td></tr><tr><td>Ступінь точності по ГОСТ 1643-81</td><td>-</td><td>8-9</td></tr><tr><td>Діаметр осі</td><td>d</td><td>27.995^{+0.010}_{-0.010}</td></tr><tr><td>Діаметр діаметру</td><td>d</td><td>43.803</td></tr><tr><td>Діаметр діаметру</td><td>d</td><td>38.853</td></tr><tr><td>Пастинка хвостика</td><td>S</td><td>4.11</td></tr><tr><td>Висота до пастинки хвостика</td><td>h</td><td>2.752</td></tr><tr><td>Обозначение чертёжа стандартного кресла</td><td>-</td><td>ИЗ-300.00.011</td></tr></table>	Модуль	m	2.5	Число зубів	z	15	Кут нахилу	β	29°22'29"	Нахил ліній зубів	-	шестерня	Нормальний кут профілю	-	ГОСТ 1755-81	Класифікація ступеня	k	0	Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	8-9	Діаметр осі	d	27.995 ^{+0.010} _{-0.010}	Діаметр діаметру	d	43.803	Діаметр діаметру	d	38.853	Пастинка хвостика	S	4.11	Висота до пастинки хвостика	h	2.752	Обозначение чертёжа стандартного кресла	-	ИЗ-300.00.011	Зубофрезерний верстат 53А30П
Модуль	m	2.5																																								
Число зубів	z	15																																								
Кут нахилу	β	29°22'29"																																								
Нахил ліній зубів	-	шестерня																																								
Нормальний кут профілю	-	ГОСТ 1755-81																																								
Класифікація ступеня	k	0																																								
Ступінь точності по ГОСТ 1643-81	-	8-9																																								
Діаметр осі	d	27.995 ^{+0.010} _{-0.010}																																								
Діаметр діаметру	d	43.803																																								
Діаметр діаметру	d	38.853																																								
Пастинка хвостика	S	4.11																																								
Висота до пастинки хвостика	h	2.752																																								
Обозначение чертёжа стандартного кресла	-	ИЗ-300.00.011																																								

Продовження таблиці 2.2

№ опер.	Операція	Схема установки заготовки на верстаті	Назва та модель верстата																																							
025	Слюсарна		Верстат																																							
030	Круглошліфувальна		Круглошліфувальний верстат 3М153 ДФ2																																							
035	Зубошліфувальна	<table><tr><td>Модуль</td><td>m</td><td>2.5</td></tr><tr><td>Число зубів</td><td>z</td><td>15</td></tr><tr><td>Угол наклона</td><td>β</td><td>29°32'29"</td></tr><tr><td>Направление линии зуба</td><td>-</td><td>шестерное</td></tr><tr><td>Нормальный исходный контур</td><td>-</td><td>ГОСТ 13755-81</td></tr><tr><td>Коэффициент смещения</td><td>x</td><td>0</td></tr><tr><td>Степень точности по ГОСТ 1643-81</td><td>-</td><td>8-8</td></tr><tr><td>Длина общей нормали</td><td>W</td><td>27.295^{+0.011}_{-0.012}</td></tr><tr><td>Делительный диаметр</td><td>d</td><td>37.5</td></tr><tr><td>Диаметр впадин зубьев</td><td>df</td><td>38.853*</td></tr><tr><td>Постоянная хорды зуба</td><td>S_x</td><td>4.11*</td></tr><tr><td>Высота до постоянной хорды зуба</td><td>h_x</td><td>2.752*</td></tr><tr><td>Обозначение чертёжа сопряжённого колеса</td><td>-</td><td>Ц2-300.00.011</td></tr></table>	Модуль	m	2.5	Число зубів	z	15	Угол наклона	β	29°32'29"	Направление линии зуба	-	шестерное	Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81	Коэффициент смещения	x	0	Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	8-8	Длина общей нормали	W	27.295 ^{+0.011} _{-0.012}	Делительный диаметр	d	37.5	Диаметр впадин зубьев	df	38.853*	Постоянная хорды зуба	S _x	4.11*	Высота до постоянной хорды зуба	h _x	2.752*	Обозначение чертёжа сопряжённого колеса	-	Ц2-300.00.011	Зубошліфувальний верстат 5В833
Модуль	m	2.5																																								
Число зубів	z	15																																								
Угол наклона	β	29°32'29"																																								
Направление линии зуба	-	шестерное																																								
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-81																																								
Коэффициент смещения	x	0																																								
Степень точности по ГОСТ 1643-81	-	8-8																																								
Длина общей нормали	W	27.295 ^{+0.011} _{-0.012}																																								
Делительный диаметр	d	37.5																																								
Диаметр впадин зубьев	df	38.853*																																								
Постоянная хорды зуба	S _x	4.11*																																								
Высота до постоянной хорды зуба	h _x	2.752*																																								
Обозначение чертёжа сопряжённого колеса	-	Ц2-300.00.011																																								
040	Слюсарна		Верстат																																							
045	Контрольна		Контрольний стіл																																							

2.1.5 Вибір технологічного обладнання

У рамках розробленого технологічного процесу виготовлення деталі первинного валу запропоновано застосування наступного верстатного обладнання, підбраного з урахуванням необхідної точності обробки та габаритних розмірів заготовки.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для виконання відрізної операції використовується ножівковий відрізний верстат 8725А, який забезпечує необхідну точність відрізання заготовки від прутка та продуктивність даної операції.

Для виконання токарних операцій застосовується сучасний токарно-револьверний центр з ЧПК Haas ST-25Y, що забезпечує високу точність обробки циліндричних, конічних та торцевих поверхонь деталі. Використання даного обладнання дозволяє суттєво скоротити допоміжний час та підвищити продуктивність обробки завдяки можливості виконання кількох переходів за одне встановлення заготовки.

Для виконання операції нарізання зубів використовується зубофрезерний верстат 53А30П, технічні характеристики якого відповідають вимогам щодо точності геометричних параметрів зубчастого вінця деталі.

Для виконання операцій шліфування зовнішніх циліндричних поверхонь застосовується круглошліфувальний верстат 3М153ДФ2 з числовим програмним керуванням, що забезпечує необхідну точність розмірів та шорсткість поверхонь під підшипники та інші посадкові поверхні деталі.

Для виконання операції шліфування зубів використовується зубошліфувальний верстат 5В833, що дозволяє досягти необхідного ступеня точності зубчастого зачеплення та забезпечити необхідні параметри шорсткості робочих поверхонь зубів відповідно до вимог креслення.

2.1.6 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки

Величину припусків на механічну обробку поверхні заданої деталі визначаємо розрахунково-аналітичним та дослідно-статистичними методами.

Визначення розрахунково-аналітичним методом

За допомогою розрахунково-аналітичного методу визначаємо припуски на найточнішу поверхню вала $\varnothing 35k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$.

Заготовка - поковка, що виготовляється штампуванням з допуском 2,2 мм і шорсткістю $R_z = 250$;

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переходи [4]:

1-й перехід чорнове точіння з допуском 0.25 мм і шорсткістю $R_z = 50$;

2-й перехід напівчистове точіння з мм і шорсткістю; 0.1, $R_z = 25$

3-й перехід чистове точіння з мм і шорсткістю; $T = 0.039R_a = 3.2$ ($R_z = 10$)

4-й перехід шліфування з допуском і шорсткістю $T = 0.016$
 $R_a = 1.25$ ($R_z = 5$);

Граничне відхилення заготовки $es_{\text{заг}} = +1.4$, $ei_{\text{заг}} = -0.8$;

Граничне відхилення після чорнового точіння; $es_1 = 0$, $ei_1 = -0.25$

Граничне відхилення після напівчистового точіння $es_2 = 0$,
 $ei_2 = -0.1$;

Граничне відхилення після чистового точіння; $es_3 = 0$, $ei_3 = -0.039$

Граничне відхилення після чистового точіння $es_4 = +0.018$,
 $ei_4 = +0.002$;

Визначимо значення просторових відхилень для заготовки за формулою [12]:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\Sigma K}^2 + \Delta_{\Sigma M}^2}, \text{ мкм} \quad (2.3)$$

де $\Delta_{\Sigma K}$ - загальне відхилення від прямолінійності визначається за формулою:

$$\Delta_{\Sigma K} = \Delta_K \cdot L, \text{ мкм} \quad (2.4)$$

де Δ_K - відхилення осі деталі від прямолінійності, мкм на 1 мм
 ($\Delta_K = 1.8$)

L - довжина деталі (заготовки), мм;

$$\Delta_{\Sigma K} = 1.8 \cdot 60 = 108 \text{ мкм},$$

$\Delta_{\Sigma M}$ - відхилення від співвісності елементів вала нормальної точності [12]:

$$\Delta_{\Sigma M} = 2.2 \text{ мм} = 2200 \text{ мкм},$$

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши всі отримані значення у формулу:

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{108^2 + 2200^2} = 2203 \text{ мкм},$$

Залишкова величина просторових відхилень:

$$\Delta_{\text{ост}} = K_y \cdot \Delta_{\varepsilon}, \quad (2.5)$$

де Δ_{ε} - кривизна заготовки

K_y - коефіцієнт уточнення ;

$$\Delta_{\text{ост}_1} = 0,05 \cdot 2203 = 110 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\text{ост}_2} = 0,04 \cdot 2203 = 88 \text{ мкм},$$

$$\Delta_{\text{ост}_3} = 0,03 \cdot 2203 = 66 \text{ мкм},$$

Похибка установки для випадку, коли деталь обробляється в центрах, дорівнює нулю для всіх переходів ε_y .

Розрахунок мінімальних припусків для всіх переходів обробки елементарної поверхні виконуємо за наступною формулою:

$$2Z_{\min} = 2[R_z + h]_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\varepsilon(i-1)}^2 + \varepsilon_y^2}, \text{ мкм} \quad (2.6)$$

де - висота нерівностей профілю на попередньому переході; $R_{z(i-1)}$

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\varepsilon(i-1)}$ - сумарне відхилення розташування і форми поверхні на попередньому переході.

Визначимо мінімальні припуски для переходу чорное точіння:

$$2Z_{\min} = 2 \cdot (250 + 300) + \sqrt{2203^2} = 3303 \text{ мкм},$$

Для переходу напівчорноветочіння:

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$2Z_{min} = 2 \cdot (50 + 50) + \sqrt{110^2} = 310 \text{ мкм},$$

Для переходу чистове точіння:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (25 + 25) + \sqrt{88^2} = 188 \text{ мкм},$$

Для переходу шліфування:

$$2Z_{min} = 2 \cdot (10 + 20) + \sqrt{66^2} = 126 \text{ мкм},$$

Розрахуємо номінальні припуски за формулою:

$$2Z_{iном} = 2Z_{imin} + |ei_{d(i-1)} - ei_{di}|, \text{ мкм} \quad (2.7)$$

де, - нижні відхилення розмірів відповідно на попередньому і виконується переходах. $ei_{d(i-1)}$ ei_{di}

Визначимо номінальні припуски для переходу чорное точіння:

$$2Z_{iном} = 3303 + |-250 - (-800)| = 3853 \text{ мкм},$$

Для переходу напівчистове точіння:

$$2Z_{iном} = 310 + |-100 - (-250)| = 460 \text{ мкм},$$

Для переходу чистове точіння:

$$2Z_{iном} = 188 + |-39 - (-100)| = 249 \text{ мкм},$$

Для переходу шліфування:

$$2Z_{iном} = 126 + |2 - (-39)| = 167 \text{ мкм},$$

Розрахунок максимальних припусків на обробку вионується з формулою [4]:

$$2Z_{imax} = 2Z_{imin} + T_{d(i-1)} - T_{di}, \text{ мкм} \quad (2.8)$$

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $T_{d(i-1)}$ - допуски розмірів на попередньому переході.

T_{di} - допуски розмірів на переходах, що виконуються

Визначимо максимальні припуски для переходу чорнове точіння:

$$2Z_{imax} = 3303 + 2200 - 250 = 5253 \text{ мкм},$$

Для переходу напівчистове точіння:

$$2Z_{imax} = 310 + 250 - 100 = 460 \text{ мкм},$$

Для переходу чистове точіння:

$$2Z_{imax} = 167 + 100 - 39 = 249 \text{ мкм},$$

Для переходу шліфування:

$$2Z_{imax} = 126 + 39 - 16 = 149 \text{ мкм}.$$

Зведемо усі отримані дані в одну таблиці (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3 - Припуски і граничні розміри отримані розрахунково-аналітичним методом

Операції Обробки	Допуски (мкм)	Елементи припуску (мкм)				Значення припусків (мкм)			Розмір	Граничні розміри, мм	
		R_z	H	Δ_ε	ε_y	$2Z$ Min	$2Z$ ном	$2Z$ Max		Max	Min
Заготівка	2200	250	300	2203	-	-	-	-	39,729	41,129	38,929
Точіння Чорнове	250	50	50	110	-	3303	3853	5253	35,876	35,876	35,626
Точіння напівчист ове	100	25	25	88		310	460	460	35,416	35,416	35,316

Продовження таблиці 2.3

Операції Обробки	Допуски (мкм)	Елементи припуску (мкм)				Значення припусків (мкм)			Розмір	Граничні розміри, мм	
		R _z	H	Δ _ε	Σ _y	2Z Min	2Z ном	2Z Max		Max	Min
Точіння Чистове	39	10	20	66	-	188	249	249	35,167	35,167	35,128
Шліфування	18	5	15	-	-	126	167	149	35	35,018	35,002
Загальні припуски						3927	4729	6111			

Для зручності користування технологічною документацією при виготовленні деталі приймаємо такі значення номінальних розмірів із збереженням встановлених допусків на всіх операціях (переходах): для заготовки - $\varnothing 39,729^{+1,4}_{-0,8}$; після чорнового точіння - $\varnothing 35,876_{-0,25}$; після напівчистового точіння - $\varnothing 35,416_{-0,1}$; після чистового точіння - $\varnothing 35,167_{-0,039}$; після шліфування - $\varnothing 35^{+0,018}_{+0,002}$. На інші оброблювані поверхні вала припуски і допуски призначаємо по ДСТУ 2498-94.

2.1.7 Вибір пристосувань

Для кожної операції технологічного процесу виготовлення деталі вал-шестерні здійснюється вибір та призначення відповідних верстатних пристосувань. До пристосувань висуваються такі основні вимоги: забезпечення високої продуктивності обробки, досягнення необхідної точності встановлення та базування заготовки, безпека в експлуатації та економічна доцільність застосування. З метою підвищення продуктивності праці та скорочення допоміжного часу на встановлення і зняття заготовки рекомендується

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

застосування пневматичних пристосувань, які забезпечують швидке та надійне закріплення деталі.

При обробці деталі на токарно-револьверному центрі з ЧПК Haas ST-25Y заготовка закріплюється у трикулачковому патроні з підтриманням заднім центром відповідно до технічних умов, що регламентуються фірмою-виробником Haas. Дане поєднання способів закріплення забезпечує необхідну жорсткість технологічної системи та точність базування в процесі токарної обробки.

При виконанні вертикально-фрезерної операції деталь встановлюється в опорні призми, що забезпечують точне та стабільне базування заготовки за зовнішньою циліндричною поверхнею вала та унеможливають її зміщення під дією сил різання.

Повний перелік обраних пристосувань для всіх операцій технологічного процесу виготовлення розглядуваної деталі наведено в технологічній документації, що міститься у додатках до даної випускної кваліфікаційної роботи.

2.1.8 Вибір різального та допоміжного інструменту

При виборі типу та конструкції різального інструменту враховується комплекс факторів, що визначають ефективність та якість обробки: характер виробництва, метод обробки, тип верстата, розміри, конфігурація та матеріал заготовки, а також необхідні показники якості поверхні та точності обробки. Прийнятий різальний інструмент повинен повною мірою відповідати вимогам щодо точності та продуктивності технологічного процесу при мінімально можливій вартості.

Для виконання чорнового точіння застосовується різець виробництва Sandvik Coromant із державкою DCLNR 2525M 12 та змінною твердосплавною пластиною CNMG 12 04 08-PR 4325 [13], що забезпечує високу продуктивність

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при знятті значних припусків та стійкість інструменту в умовах переривчастого різання.

Для виконання напівчистового та чистового точіння використовується різець Sandvik Coromant із державкою SVJBR 2020K та пластиною VBMТ 16 04 08-PR 4325 [13], що дозволяє досягти необхідної точності розмірів та шорсткості оброблюваних поверхонь.

Для обробки шпонкових пазів застосовується фреза Sandvik Coromant із державкою R390-012B16-11L та змінними пластинами R390-11 T3 04E-PL 1025[13], що забезпечує необхідну точність геометричних параметрів пазів та якість їх бічних поверхонь.

На круглошліфувальних операціях використовується шліфувальний круг марки 25А ПП 350×40×127 F46, характеристики якого відповідають вимогам щодо точності та шорсткості поверхонь після шліфування.

На зубофрезерній операції застосовується черв'ячна модульна фреза 2510-4291 А за ГОСТ 9324-80, що забезпечує необхідну точність геометричних параметрів зубчастого вінця деталі відповідно до вимог робочого креслення.

2.1.9 Вибір засобів технічного контролю

Вибір засобів технічного контролю здійснюється відповідно до вимог діючих стандартів та нормативних документів. Визначальними факторами при виборі контрольно-вимірювальних засобів є забезпечення необхідної точності та достовірності вимірювань, прийнятна трудомісткість контрольних операцій, а також економічна доцільність застосування обраних засобів вимірювання з урахуванням вартості контролю в загальній структурі собівартості виготовлення деталі.

Для виконання вимірювань на всіх операціях технологічного процесу передбачено застосування наступних контрольно-вимірювальних інструментів. Штангенциркуль ШЦ-I-250-0,1 використовується для вимірювання лінійних розмірів деталі — зовнішніх та внутрішніх діаметрів, довжин ступенів та інших

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

габаритних розмірів із точністю відліку 0,1 мм. Мікрометр МК100-1 застосовується для контролю розмірів, що потребують підвищеної точності вимірювання, зокрема для перевірки діаметрів посадкових поверхонь під підшипники та інших відповідальних поверхонь деталі. Рулетка використовується для вимірювання загальних габаритних розмірів заготовки на початкових етапах обробки.

Застосування зазначеного комплексу контрольно-вимірювальних інструментів забезпечує необхідну достовірність контролю геометричних параметрів деталі на всіх етапах технологічного процесу та відповідність готової деталі вимогам робочого креслення.

2.1.10 Проектування технологічного процесу обробки деталі

Відповідно до вибраного маршрутом обробки деталі «вал» складаємо техпроцес на кожну операцію, представлений в додатку В.

2.1.11 Визначення режимів обробки

Визначаємо режими різання, при обробці вала, аналітичним шляхом.

Визначаємо режими для чорнового точіння поверхні: $\varnothing 70$ мм

- обладнання, що застосовується: токарний верстат з ЧПУ HaasST40Y;

- застосовуваний різець SANDVIK Coromant - державка DCLNR 2525M 12, пластина CNMG 12 04 08-PR 4325;

Глибину різання приймаємо: мм. $t = 1.7$

Подача: при деталі $\varnothing 60 - 100$ мм і глибині до 3 мм приймаємо $S = 0,9$ мм / об.

Швидкість різання розраховуємо за формулою [14]:

$$V = \frac{C_v}{T^{m_v} \cdot t^{x_v} \cdot S^{y_v}} \cdot K_v, \quad (2.9)$$

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де T - стійкість різця ($T = 60$ хв);

t - глибина різання, мм;

S - подача, мм / об;

C_v, x, y, m - емпіричні коефіцієнти;

K_v - поправочний коефіцієнт.

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо за довідником [14]:

$$C_v = 340; x = 0,15; y = 0,45; m = 0,2;$$

Коефіцієнт визначаємо за формулою [14]:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{iv}, \quad (2.10)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки;

K_{pv} - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{iv} - коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини інструменту;

Згідно з довідником приймаємо [14]:

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (2.11)$$

$$K_{mv} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{660} \right)^1 = 0,9;$$

$$K_{pv} = 0,8; K_{iv} = 0,65;$$

$$K_v = 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,65 = 0,47;$$

$$V = \frac{340}{60^{0,2} \cdot 1,7^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,47 = 68,2 \frac{\text{м}}{\text{хв}};$$

Частоту обертання шпинделя визначаємо по формулі:

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (2.12)$$

де D - діаметр оброблюваної поверхні. D = 73.4 мм;

V - швидкість різання, м / хв;

$$n = \frac{1000 \cdot 68,2}{\pi \cdot 73,4} = 296 \text{ об/хв},$$

Токарний верстат з ЧПУ Haas ST40 дозволяє регулювати швидкість обертання шпинделя в інтервалі 0-5000 об / хв з кроком 0,1 об / хв. Тому приймаємо розрахункове значення обертання шпинделя.

Потужність різання визначаємо за формулою [14]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (2.13)$$

де PZ - тангенціальна складова сили різання, Н;

Тангенціальна складова сили різання визначається за формулою [14]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (2.14)$$

де t - глибина різання, мм;

S - подача, мм / об;

Cp, x, y, n - емпіричні коефіцієнти;

Kp - поправочний коефіцієнт.

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо за довідником [14]:

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

Коефіцієнт Kp визначаємо за формулою [14]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (2.15)$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу;

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_{\varphi p}$ - коефіцієнт, що враховує головний кут в плані;

$K_{\lambda p}$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу ріжучої кромки;

$K_{\gamma p}$ - коефіцієнт, що враховує передній кут;

K_{rp} - коефіцієнт, що враховує радіус при вершині різця;

Згідно з довідником приймаємо [14]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.16)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{660}{750} \right)^{0.75} = 0,9;$$

$$K_{\varphi p} = 0,94; K_{\lambda p} = 1,7; K_{\gamma p} = 1,1; K_{rp} = 1 [6],$$

$$K_p = 0,9 \cdot 0,94 \cdot 1,7 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,58;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,7^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 68,2^{-0,15} \cdot 1,58 = 3952 \text{ Н};$$

$$N = \frac{3952 \cdot 68,2}{1020 \cdot 60} = 4,4 \text{ кВт};$$

перевіряємо умову $N_{рез} < N_{шп}$:

$$N_{рез} = N_{шп} \cdot \eta = 20 \cdot 0,85 = 17 \text{ кВт};$$

На інші операції технологічного процесу режими різання розраховані за допомогою програмного комплексу «Вертикаль» та наведені і технологічному процесі, що додається до цієї роботи.

Отримані результати розрахунків дозволяють зробити висновок, що потужність верстату достатня для роботи за призначеними режимами різання.

2.1.12 Технічне нормування технологічного процесу

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Нормування технологічного процесу здійснюють по кожній верстатній операції методом технічного розрахунку за нормативами [15].

Виконаємо розрахунок норм часу на перший установ токарної операції на верстаті з ЧПК операції (015):

Основний час визначаємо розрахунком для кожного технологічного переходу в залежності від методу обробки. Операція 015 включає в себе точіння чорнове, гостріння напівчистове і точіння чистове.

Обточування з кутом $\varphi = 90^\circ$:

$$T_o = \frac{L+l_1}{s \cdot n} \cdot i, \quad (2.17)$$

де L - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_1 - величина врізання (перебігаючи) інструменту, мм;

$$l_1 = 0,5 \dots 2 \text{ мм}; l_2 = 2;$$

Операційний час на чорновий перехід:

$$T_o = \frac{190 + 2 + 2}{0,9 \cdot 296} = 0,73 \text{ мин};$$

Операційний час на напівчистої перехід:

$$T_o = \frac{190 + 2 + 2}{0,33 \cdot 750} = 0,78 \text{ мин};$$

Операційний час на чистовий перехід:

$$T_o = \frac{190 + 2 + 2}{0,1 \cdot 1200} = 1,62 \text{ мин};$$

Допоміжний час встановлюється для кожного технологічного переходу по нормативам і розраховується за формулою [15]:

$$T_v = T_{v,y} + T_{v,пер} + T_{v,из}, \quad (2.18)$$

де $T_{v,y}$ - час установки і зняття заготовки, хв [9];

$T_{v,пер}$ - час, пов'язане з переходом, хв [9];

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{в.из.}$ - час на вимірювання, хв;

$$T_{в} = 6,6 + 1,23 + 0,69 = 8,52 \text{ мин};$$

Оперативне час операції:

$$T_{оп} = T_{о} + T_{в}, \text{ мин}; \quad (2.19)$$

$$T_{оп} = 0,73 + 0,78 + 1,62 + 8,52 = 11,65 \text{ мин};$$

Норма штучного часу:

$$T_{шт.} = T_{о} + T_{в} + T_{обсл} + T_{отд.}, \quad (2.20)$$

де $T_{о}$ - основний технологічний час, хв;

$T_{в}$ - допоміжний час, хв ;

$T_{обсл.}$ - час обслуговування робочого місця, хв;

$T_{отд.}$ - час на відпочинок і особисті потреби, хв;

$$T_{шт.} = 3,13 + 8,52 + 0,69 + 0,57 = 12,91 \text{ мин};$$

Технічна норма часу незалежно від типу верстата і методу обробки:

$$T_{ш-к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \text{ мин} \quad (2.21)$$

де $T_{ш-к}$ - норма штучно-калькуляційного часу, хв;

$T_{шт.}$ - норма штучного часу, хв;

$T_{п.з.}$ - норма підготовчо-заключного часу на партію, хв;

n - розмір партії деталей, шт.

$$T_{ш-к} = 12,91 + \frac{26}{100} = 13,17 \text{ хв};$$

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок за іншими операціями було виконано в програмному комплексі «Вертикаль» і введено в розробленому технологічному процесі.

2.1.13 Проектування технологічних налагоджень

Технологічні налагодження виконуються відповідно до вимог ЕСКД і рекомендаціями, наведеними в методичному посібнику з дипломного проектування.

Оформлення схем налагоджень на верстатах наступне. Оброблювана заготовка зображується в довільному масштабі і необхідній кількості проекцій. На заготівлі вказуються розміри, витримуються, з граничними відхиленнями і шорсткістю. Оброблювані поверхні прив'язуються до технологічних баз відповідними розмірами. На налагодження вказуємо напрямки робочих рухів ріжучих інструментів і заготовки, ріжучий інструмент в кінці робочого ходу і спосіб кріплення інструменту на верстаті. На вільному полі креслення вказуємо: назву операції, найменування та модель верстата, пристосування, ріжучий інструмент і режими обробки.

2.2 Розрахунок і проектування верстатного пристосування

2.2.1 Аналіз вихідних даних

У технологічному обладнанні застосовуються зубчасті передачі 7, 8, 9 і 10-го ступеня точності, яка задається в залежності від швидкості обертання і типу передачі. Залежно від робочої швидкості розрізняють тихохідні (окружна швидкість до 3 м / с); середньошвидкісні (окружна швидкість 3-5 м / с); швидкохідні (окружна швидкість понад 15 м / с) зубчасті передачі. При швидкості обертання $v = 6-10$ м / с застосовують циліндричні прямозубі 7-й або косозубі 8-го ступеня точності, при $v = 2$ м / с - прямозубі колеса 9-го ступеня точності, а в тихохідних передачах - колеса 10-й ступеня точності.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До зубчастих коліс, що надходять на складання, і зубчастих передач ставляться такі вимоги:

- точність виготовлення зубчастих коліс повинна відповідати вимогам державних і галузевих стандартів;
- биття коліс (радіальне, торцеве) має перебувати в межах, встановлених технічними умовами для даної передачі;
- зуби коліс при контролі на фарбу повинні мати поверхню контакту, що становить не менше 0,3 довжини і 0,6-0,7 висоти зуба;
- між зубами коліс повинен бути зазор, величина якого визначається ступенем точності передачі;
- осі валів під зубчасті колеса повинні бути взаємно паралельні (для циліндричної передачі) або взаємно перпендикулярні (для конічної зубчастої передачі) і лежати в одній площині.

2.2.2 Вибір принципової схеми пристосування

Радіальне і торцеве биття шестірні перевіряють за допомогою індикаторного пристосування (рисунок 2.3). Вал 5 з зубчастим колесом 4 встановлюють в центрах пристосування. Повертаючи від руки вал і перекладаючи контрольний валик 3 по западинах зубів, за допомогою індикатора визначають радіальне биття зубчастого вінця, рівне різниці в показаннях індикатора в межах повного обороту колеса. Далі, до торця обода зубчастого колеса підводять ніжку індикатора 1 і, повертаючи колесо, визначають його торцеве биття. Якщо воно більше допускається, то колесо перевстановлюють на валу з поворотом щодо його осі на деякий кут (при установці колеса на шліцах) і повторюють перевірку биття. Ця операція може повторюватися багато разів для виявлення положення колеса, при якому його биття мінімально.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

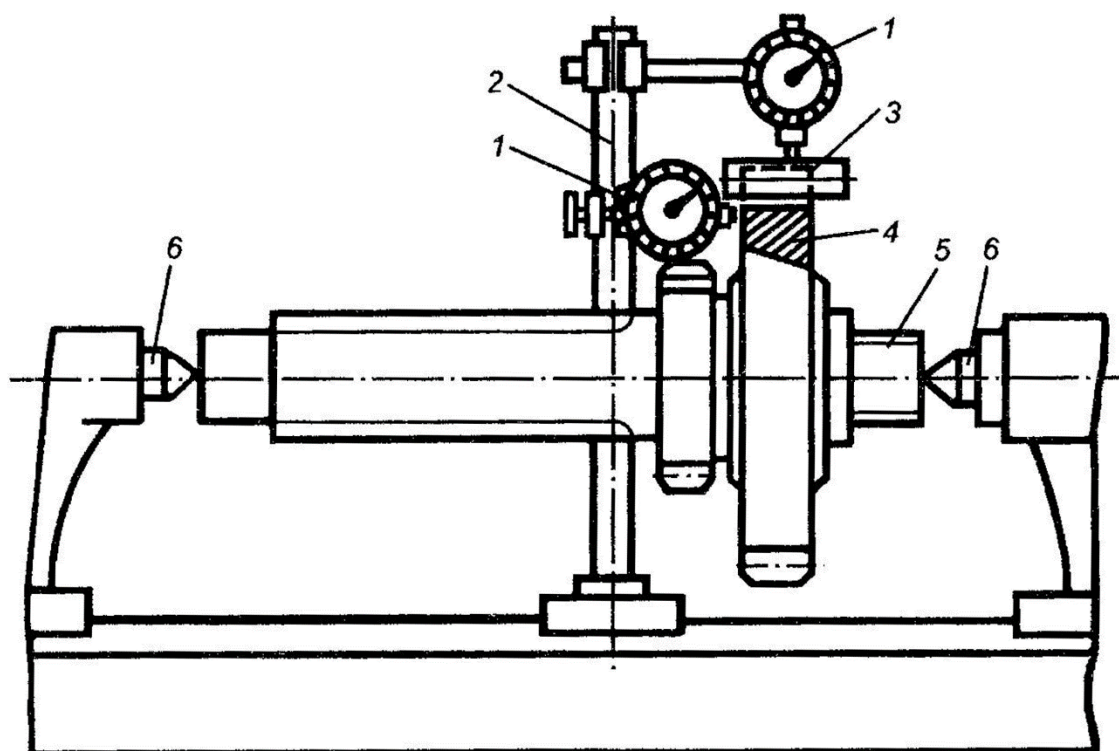


Рисунок 2.3 - Схема пристосування для вимірювання радіального і осьового биття зубчастого колеса: 1 - індикатор; 2 - індикаторна стійка; 3 - валик контрольний; 4 - контрольоване зубчасте колесо; 5 - вал; 6 – центр

Контрольний валик 3 має діаметр, рівний $1,68m$ (де m - модуль), що забезпечує дотик валика по початковій окружності колеса. Зазвичай радіальне биття для коліс 7-го ступеня точності допускається $0,03-0,08$ мм, а торцеве биття - $0,04-0,08$ мм на 100 мм діаметра колеса.

На умови роботи зубчастих коліс істотно впливає розташування ведучого і веденого валів в корпусі. Для забезпечення геометрично правильного зубчастого зачеплення осі валів повинні бути взаємно паралельними (рис. 2.4). Відстань L (мм) між ними

$$L = m (z_1 + z_2) / 2,$$

де m - модуль коліс, мм; z_1 і z_2 - число зубів відповідно на провідному і відомому колесах.

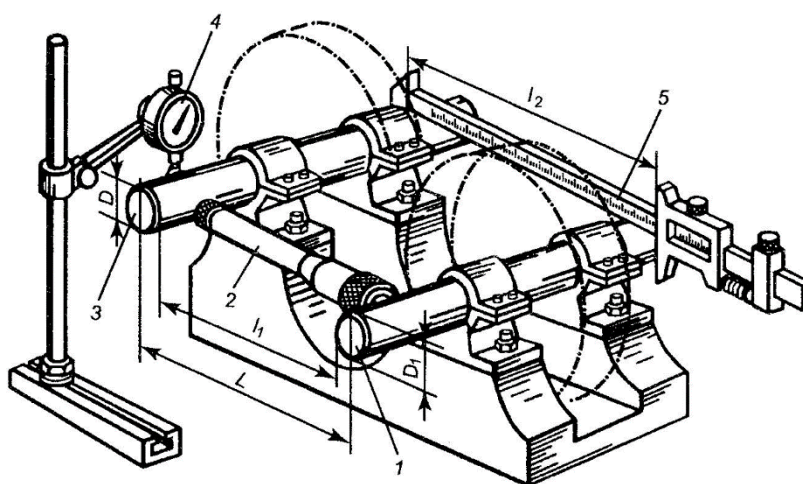


Рисунок 2.4 - Схема контрольного пристосування: 1, 3 - оправлення; 2 - штихмас; 4 індикатор; 5 - штангенциркуль; D, D1-діаметри оправок; l1, l2 - відстані між оправками; L - міжосьова відстань

Міжосьова відстань може бути більше (але не менше) розрахункового (номінального) значення на величину $\Delta L = at$ (мм) (розсунення осей), де а - числовий коефіцієнт, який в залежності від окружної швидкості і міжосьової відстані знаходиться в межах 0,015-0, 04. Менші значення коефіцієнта а відповідають більш високим окружним швидкостям і невеликим міжосьовим відстаням (50-200 мм).

Знаючи різницю у відстанях L1 і L2 між осями отворів, виміряних в двох площинах при відстані t (мм) між ними, визначають непаралельність осей між собою.

Різниця значень міжосьової відстані на довжині 1 м не повинна перевищувати допуску на розсунення осей, тобто

$$L1 - L2 = \Delta L t / 1000$$

Вимірюючи, наприклад, в тих же площинах, за допомогою індикатора 4 (рисунок 2.5) відстані від основи корпусу до осей отворів, визначають кут схрещування осей.

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

6.131.221395.ПЗ

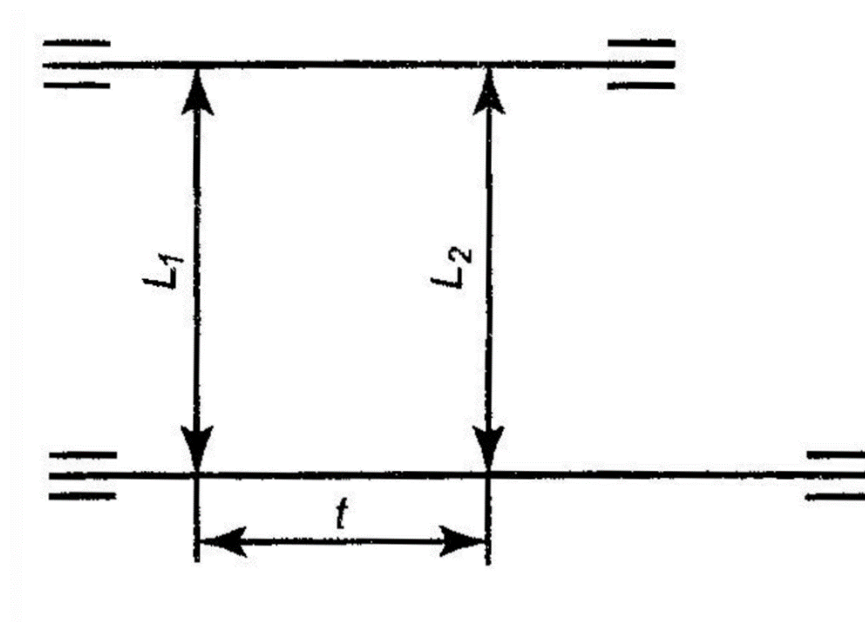


Рисунок. 2.5. Схема перевірки паралельності осей валів: L_1 L_2 - міжосьові відстані між валами; t - відстань між площинами вимірювань

Якщо відстань між осями зубчастих коліс менше або більше допускається, то цей дефект усувається при відповідній конструкції вузла випресовки неправильно запресованих втулок і подальшої запресовкой і расточкой нових втулок. Для забезпечення необхідного міжосьової відстані іноді необхідна розточування отвору нової втулки ексцентрично її зовнішньої поверхні.

2.2.3 Силовий розрахунок пристосування

При монтажі зубчастих передач необхідно забезпечити певний бічний зазор в зачепленні, правильний контакт зубів по бічних поверхнях і радіальний зазор в западинах зубів.

Бічний зазор необхідний для створення нормальних умов змащення зубів, компенсації похибок виготовлення, монтажу і температурної деформації елементів передачі. При недостатньому зазорі температурні деформації зубчастих коліс в радіальному напрямку викликають видавлювання мастила і швидке зношування зубів, додаткове навантаження підшипників і вигин валів. Це проявляється у вигляді більш інтенсивного шуму, створюваного зубчастою

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передачею (гудіння, скрип). При збільшеному бічному зазорі взаємодія зубів носить більш динамічний (ударний) характер, що може бути причиною їх швидкого зношування або поломки.

Допустима величина зазорів залежить від модуля і ступеня точності зубчастих коліс. Зубчасті колеса необхідно замінювати при бічному зазорі $\Delta b = b'm$, де b' - коефіцієнт, що враховує припустимий знос зубів коліс; $b' = 0,15-0,25$ для коліс 7-й і 8-го ступенів точності; $b' = 0,2-0,4$ для коліс 9-й і 10-го ступенів точності; у виняткових випадках для тихохідних коліс допускається $b' = 0,5$.

Бічний зазор між зубами вимірюють безпосередньо щупом, через кут повороту одного з зубчастих коліс в межах бічного зазору або за допомогою свинцевого дроту.

У першому випадку шестерні притискають поверхнями зубів один до одного, як показано на рисунку 2.6, і щупом вимірюють зазор Δb між їх вільними бічними поверхнями. При відсутності вільного доступу до торців зубів для вимірювання бокового зазору щупом, застосовують другий спосіб. У цьому випадку одне з зубчастих коліс стопорять (рисунок 2.7), а на валу іншого колеса закріплюють важіль 1, який контактує зі штоком індикатора 2, закріпленого на корпусі До редуктора.

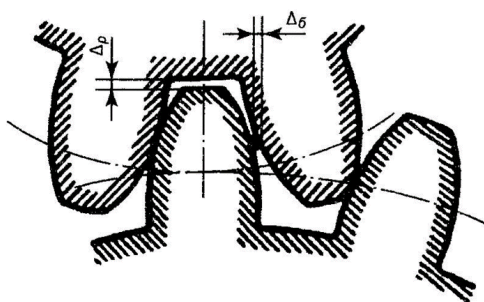


Рисунок 2.6 - Схема розташування радіального (Др) і бічного (Дб) зазорів в циліндричній зубчастій передачі

Повертаючи це колесо в межах бічного зазору з одного крайнього положення в інше, визначають величину бічного зазору Δb (мм) через показання $З$ індикатора, наведене до радіусу початкового кола зубчастого колеса: $\Delta b = d1C / L$, де $d1$ - діаметр початкової окружності що повертається

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зубчастого колеса, мм; L - довжина важеля до точки контакту зі штоком індикатора, мм. Перевагою цього способу є можливість вимірювати бічний зазор у передачі без розбирання механізму.

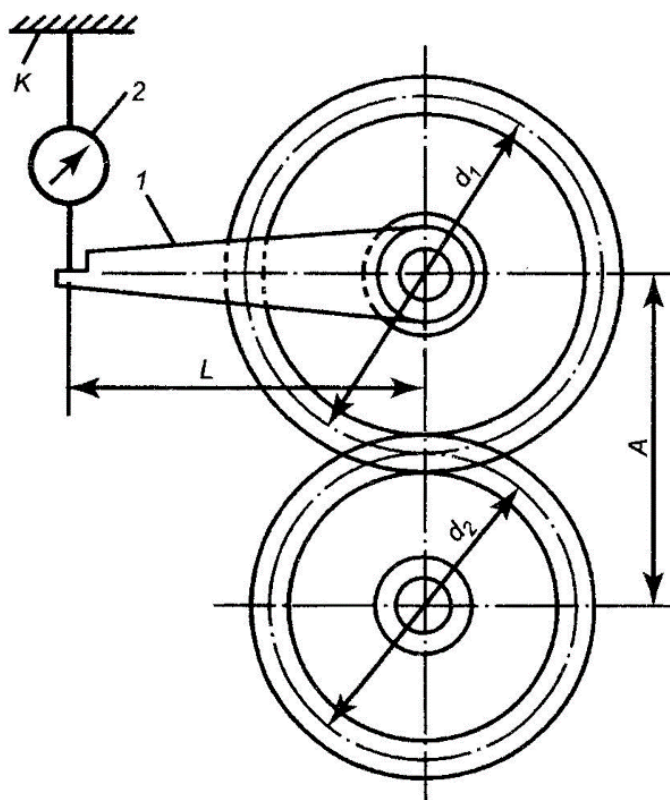


Рисунок 2.7 - Схема вимірювання бокового зазору індикаторним пристроєм:
1 - важіль; 2 - індикатор

2.2.4 Оцінка точності пристосування

Бічний і радіальний зазори в зубчастій передачі можна визначити також по відбитку, який отримують, прокочуючи свинцеву дріт між зубами при обертанні зубчастих коліс. Вимірюючи потім мікрометрів товщину деформованих ділянок дроту, визначають відповідні зазори між зубами.

Перевагами цього способу є простота здійснення і висока точність вимірювання зазорів, тому він широко застосовується на практиці.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимі коливання бічних зазорів вказуються в технічних умовах на складання вузлів після ремонту. Для передач, зібраних з нових зубчастих коліс, допускаються наступні зазори:

- бічний зазор $\Delta b = bm$, де $b = 0,02-0,1$ - коефіцієнт, що залежить від окружної швидкості і типу передачі;

- радіальний зазор $P = (0,15-0,3) m$.

Величини радіального і бічного зазорів залежать від точності обробки зубчастих коліс і похибки міжцентрової відстані (розсунення осей). Наприклад, для евольвентної зубчастої передачі з кутом зачеплення 20° вплив раздвижки осей ΔL на величину бокового зазору виражається залежністю $\Delta b = 2\Delta L \sin 20^\circ = 0,684\Delta L$.

Найменший бічний зазор в зачепленні

$$\Delta b = 12\sqrt{m(z_1 + z_2)/2}$$

Нагрівання зубчастого механізму в процесі роботи супроводжується зміною діаметрів зубчастих коліс і відстані між осями валів, що впливає на величину зазорів, утворених при складанні зубчастої передачі. Однак цей вплив можна не враховувати, так як коефіцієнти лінійного розширення матеріалів корпусу і зубчастих коліс мають близькі значення.

Якщо зазор в зубчастому зачепленні не відповідає вимогам технічних умов або зубчасті колеса обертаються з періодичним заклинювання, то передачу необхідно розібрати, підігнати зубчасті колеса або замінити їх новими і знову провести збірку.

2.3 Розробка даних для проектування механічної ділянки

2.3.1 Аналіз вихідних даних для проектування ділянки цеху

Вихідними даними для проектування ділянки є:

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виробнича програма випуску деталей на ділянці кришка, корпус редуктора і вал тихохідний по 500 шт, первинного валу та зубчасті колеса по 600 шт, в загальному; $N = 4500$ шт/год

Станкоємкість ділянки для серійного типу виробництва становить; 100000 станкочасов/год

Режим роботи приймаємо 2-х змінний, аналогічний базовому заводу;

Фонд часу роботи обладнання приймаємо $\Phi_d = 4015$

(- для універсальних верстатів; - для верстатів з ЧПУ; - для комбінованих). $\Phi_d = 4060$ $\Phi_d = 3890$ $\Phi_d = 4015$

Фонд часу роботи робітників приймаємо годин; $\Phi_d = 1820$

Штучно-калькуляційний час виготовлення:

- корпусу; $T_{шт.-кальк} = 0,5$ часов

- кришки корпусу; $T_{шт.-кальк} = 0,43$ часов

– вала тихохідного; $T_{шт.-кальк} = 0,37$ часов

– колеса зубчастого; $T_{шт.-кальк} = 0,78$ часов

– первинного валу; $T_{шт.-кальк} = 0,5$ часов

Визначаємо трудомісткість виготовлення деталі за часом за формулою [1]:

$$T_{дет.труд.} = \sum N_x^n \cdot T_{шт.-кальк.}^{издел} \quad (2.22)$$

де - програма випуску деталей на ділянці, шт; $\sum N_x^n$

$T_{шт.-кальк.}^{издел}$ - штучно-калькуляційний час виробу, годин.

$$T_{дет.труд.} = 500 \cdot 0,5 + 500 \cdot 0,43 + 500 \cdot 0,37 + 600 \cdot 0,78 + 600 \cdot 0,82 + 600 \cdot 0,64 + 600 \cdot 0,64 + 600 \cdot 0,72 = 2810 \text{ станкогодин,}$$

Верстатомісткість визначаємо за формулою [1]:

$$T_{ст.} = T_{дет.труд.} \cdot K_{м.о.} \quad (2.23)$$

де - середній коефіцієнт багатостанкового обслуговування за типом виробництва. Для дрібносерійного типу виробництва приймаємо $K_{м.о.} = 1,1$ [1].

$$T_{ст.} = 2810 \cdot 1,1 = 3090 \text{ станкочасов,}$$

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На виробництво інших деталей, залишається наступне [1]:

$$T_{\text{ост.дет.}} = T_{\text{ст.уч.}} - T_{\text{ст.}}, \quad (2.24)$$

$$T_{\text{ост.дет.}} = 100000 - 3090 = 96910 \text{ станкочасох.}$$

2.3.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання

Загальна кількість верстатів ділянки приймаємо з виразу [1]:

$$C_{\text{р.общ.}} = \frac{T}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з.ср.}}},$$

де T - станкоємкість річного випуску в станкочасах всіх виробів, які становлять виробничу програму ділянки;

$K_{\text{з.ср.}}$ - середній коефіцієнт завантаження по ділянці, які приймаються в залежності від типу виробництва. Приймаємо [1]; $K_{\text{з.ср.}} = 0,85$

$\Phi_{\text{д}}$ - фонд часу роботи обладнання.

$$C_{\text{р.общ.}} = \frac{100000}{4015 \cdot 0,85} = 29,3 \text{ шт.}$$

приймаємо $C_{\text{р.общ.}} = 30$ станков.

Загальна кількість верстатів і їх моделі для написаного технологічного процесу можна визначити за самим техпроцесом або за штучно-калькуляційних часом кожної операції з виразу [1]:

$$C_{\text{р.общ.}} = \frac{T_{\text{дет.труд.}}}{\Phi_{\text{д}} \cdot K_{\text{з.ср.}}}$$

Для цього необхідно підрахувати трудомісткість кожної операції для виготовлення виробничої річної програми деталі, що розглядається і визначити кількість верстатів, необхідних для виконання кожної операції, виконуємо необхідне округлення отриманого результату до найближчого цілого. Розраховані значення заносимо в таблицю 2.4.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.4 - Трудомісткість технологічних операцій деталі, розрахункове і прийняте кількість верстатів

№ п / п	Назва операції	модель верстата	T _{шт.-кал.,} хв.	T _{год^{оп1},} година.	C _{р.}	C _{пр.}
1	Відрізна	8725A	612	10.2	0.003	1
2	Програмно-комбінована з ЧПК	Haas ST-25Y	10452	174.2	0.051	1
3	Зубофрезерний	53A30П	15120	252	0.074	1
4	Круглошліфувальна	3M153ДФ2	3450	57.5	0.017	1
5	Зубошліфувальні	5B833	10980	183	0.051	1
6	Фрезерна	6P13	4920	82	0,024	1
7	Фрезерна з ЧПУ	Haas UMC-750	17640	294	0,086	1
8	Розточна з ЧПУ	Knuth BO 130	11772	196.2	0,057	1
9	Разом					9

відрізна:

$$C_p = \frac{10,2}{4015 \cdot 0,85} = 0,003 \text{ шт.}$$

Програмно-комбінована з ЧПУ:

$$C_p = \frac{174,2}{4015 \cdot 0,85} = 0,051 \text{ шт.}$$

Зубофрезерний:

$$C_p = \frac{252}{4015 \cdot 0,85} = 0,074 \text{ шт.}$$

Круглошліфувальна:

$$C_p = \frac{57,5}{4015 \cdot 0,85} = 0,017 \text{ шт.}$$

зубошліфувальні:

$$C_p = \frac{183}{4060 \cdot 0,85} = 0,051 \text{ шт.}$$

фрезерна:

$$C_p = \frac{82}{4060 \cdot 0,85} = 0,024 \text{ шт.}$$

						Арк.
					6.131.221395.ПЗ	33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фрезерна з ЧПУ:

$$C_{p.} = \frac{294}{4060 \cdot 0,85} = 0,086 \text{ шт.}$$

Расточная з ЧПУ:

$$C_{p.} = \frac{196,2}{4060 \cdot 0,85} = 0,057 \text{ шт.}$$

Для виконання виробничої програми ділянки визначаємо кількість верстатів, які необхідно мати для виконання виробничої програми як різницю між загальним числом верстатів і числом верстатів, які використовуються в техпроцесі виготовлення деталі, що розглядається. Склад і кількість верстатів ділянки приймаємо згідно їх розташуванню по групах і в процентному співвідношенні, прийнятому на базовому підприємстві, враховуючи той факт, що вже підраховані верстати будуть входити в отримане кількість відповідного обладнання по групах.

Визначаємо коефіцієнт завантаження по типу верстата по формулі [1]:

$$K_3 = \frac{C_{p. \text{ по типу станка}}}{C_{пp}}, \quad (2.25)$$

Прийняте основне виробниче обладнання та зведену відомість обладнання ділянки заносимо в додаток Б.

2.4.3 Розрахунок кількості робочих ділянки цеху

Всі робочі цеху поділяються на такі категорії:

1. Виробничі робітники, зайняті виготовленням виробів, які становлять виробничу програму (верстатники, слюсарі та ін.).

2. Допоміжні робітники, які не приймають безпосередньої участі у виготовленні продукції, але забезпечують нормальну роботу виробничих робітників (ремонтники, наладчики, транспортні робітники, комірники, контролери, налаштовувачі і ін.).

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Службові - інженерно-технічні робітники (ІТП).

4. Розрахунково-контторських персонал (РКП), до якого відносять бухгалтерів, рахівників, діловодів, табельників, учетників.

5. Молодший обслуговуючий персонал, до якого відносяться прибиральниці, гардеробники, кур'єри.

Розраховуємо кількість виробничих робітників ділянки цеху за професіями на підставі підрахованої кількості відповідних верстатів за формулою [1]:

$$P_{ст} = \frac{\Phi_d \cdot C_{пр} \cdot K_{з.ср}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (2.26)$$

Φ_d - дійсний річний фонд часу роботи верстатів даного виду;

$C_{пр}$ - прийняте кількість верстатів даного виду;

Φ_p - фонд часу роботи робітників приймаємо годин [1]; $\Phi_p = 1820$

K_m - коефіцієнт багатостаночного обслуговування по виду обладнання.

Для універсальних верстатів; напівавтомати, автомати і верстати з ЧПК; зубообробні верстати [1]. $K_m = 1$, $K_m = 2 \dots 3$, $K_m = 4 \dots 5$

Кількість робочих слюсарів приймаємо в процентному співвідношенні до кількості виробничих робітників - 5% [1].

Кількість допоміжних робітників становить 20% від основного кількості виробничих робітників [1].

Чисельність ІТП становить 6 - 9% від кількості всіх робочих ділянки цеху. Оскільки, в технологічних процесах використовуються верстати з ЧПУ, то кількість ІТП становить приблизно 25 осіб на 100 верстатів з ЧПУ [1].

Тоді 8% від 53 особи - 4 людини. З них для нашого прикладу при наявності 5 верстатів з ЧПУ на ділянці, кількість ІТП становить 1 людина [1].

Чисельність РКП (4 - 6%) і МОП (2 - 3%) визначаємо в залежності від загальної кількості робочих ділянки цеху [1].

Отримані дані заносимо в додаток таблицю 2.5

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.5 - Відомість розрахунку виробничих робітників

Найменування професії	Кількість обладнання, Спр, Шт.	Коефіцієнт завантаження, K _з	Дійсний річний фонд часу обладнання, станочасах Ф _д	Коефіцієнт багатостатного обслуговування К	Розрахункова кількість робочих, в.ч.	Прийняте кількість робочих, Р, Чол.	У 1-у зміну	У 2-у зміну
Токар-універсал	8,0	0,9 4	4060, 0	1, 0	16, 7	17	12	5
Настройщики токарних з ЧПУ	3,0	1,0 0	3890, 0	3, 0	2,1	2	1	1
револьверника	5,0	1,0 2	4015, 0	2, 0	5,6	6	4	2
фрезерувальники	4,0	0,9 8	4015, 0	2, 0	4,3	4	3	1
Настроювач	1,0	0,6 0	3890, 0	3, 0	0,4	1	1	0
РАСТОЧНИК	2,0	0,7 5	4015, 0	2, 0	1,7	2	1	1
шліфувальники	3,0	1,0 5	4015, 0	2, 0	3,5	4	3	1
сверлильщики	4,0	0,9 8	4015, 0	2, 0	4,3	4	3	1
Настроювач свердлильних з ЧПУ	1,0	0,6 0	3890, 0	3, 0	0,4	1	1	0
Різонарізувачі різьблення	1,0	0,3 0	4015, 0	2, 0	0,3	1	1	0
Зубообработивальщик	1,0	0,7 5	4015, 0	4, 0	0,4	1	1	0
всього	33				39, 8	43	30	13
Слюсарі 5%					2,1 5	2	1	1
Разом виробничих робітників						45	32	14
Допоміжних робітників 20%					9	8	5	3
разом робочих						54	38	16
ІТП 8%					1,0	1	1	0

					6.131.221395.ПЗ			Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				36

					8			
РКП 4%					2,1 6	2	1	1
МОП 2%					1,0 8	2	1	1
підмінний штат						1	1	-
всього робочих						59,0	41	18

2.3.4 Розрахунок продуктивності площі ділянки цеху

Площа ділянки цеху за своїм призначенням є виробничою площею цеху. Виробничої площею же вважається площа, зайнята верстатами, верстатами, стендами, проходами і проїздами між рядами верстатів, майданчиками складування заготовок біля верстатів і транспортними системами.

При визначенні виробничої площі ділянки цеху використовуємо укрупнений метод. Але, після проектування, необхідно внести корективи у виробничу і загальну площу цеху (реальна площа після розстановки обладнання).

Виробнича площа ділянки цеху дорівнює [1]:

$$S_{\text{произв.уч}} = C_{\text{произв.общ.}} \cdot S, \quad (2.27)$$

де - питома виробнича площа на один верстат, см^2

Для невеликих верстатів (габарити до мм) [1]; $1800 \times 800 \text{ см} = 10 - 12 \text{ м}^2$

Для середніх верстатів (габарити до мм) [1]; $4000 \times 2000 \text{ см} = 15 - 25 \text{ м}^2$

Для великих верстатів (габарити до мм) [1]; $8000 \times 4000 \text{ см} = 25 - 70 \text{ м}^2$

Загальна площа механічного ділянки:

$$S_{\text{уч}} = S_{\text{произв.неб1}} + S_{\text{произв.сред2}} + S_{\text{произв.круп3}} + S_{\text{прохода}}, \quad (2.28)$$

де - це площа проходу, ширина якого приймається 3,0 м. $S_{\text{прохода}}$

Довжину проходу визначаємо по довжині виробничої площі цеху.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\text{уч}} = 23 \cdot 20 + 10 \cdot 30 + x = 760.$$

2.4 Оцінка економічної ефективності проектних рішень

Відповідно до завдання на виконання продукції, що випускається роботи, об'єктом модернізації є механічний ділянку, який проектується в умовах дрібносерійного виробництва, з випуску «штуцер», річний випуск якого становить 1000 шт.

Проект виконаний в двох варіантах:

1-й варіант заснований на використанні традиційних методів і технологій механічної обробки.

2-й варіант вміщує в себе існуючі та новітні прогресивні технології виготовлення деталей.

2.4.1 Розрахунок технологічної собівартості продукції

Технологічна собівартість визначається за формулою [1]:

$$C = M + Z + Z_n + Q_a + Q_p + П + U_p + U_m + Э_{об.} + A_{пд} + M_{всп.} \quad (2.29)$$

де М - вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів;

З - заробітна плата виробничих робітників з урахуванням витрат на соц. страхування і на додаткову плату;

З_н - заробітна плата наладчика в серійному виробництві;

Q_p - витрати на ремонт обладнання;

П - витрати на експлуатацію та амортизацію спец. пристосування;

U_p - витрати на амортизацію і ремонт ріжучого інструменту;

U_м - витрати на експлуатацію та амортизацію вимірювального інструмента;

Е - витрати на силову енергію, повітря, і технічну воду;

АПД - витрати на утримання виробничих приміщень;

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МВСП - витрати на додаткові матеріали.

Витрати на основні матеріали (Дані були розраховані в п.2.1.1) [1].

$$M = Q_3 \cdot S_k \cdot K_T - q \cdot S_{отд.}, \text{ грн} \quad (2.30)$$

Основна заробітна плата верстатника визначається за формулою [1]:

$$З_{ос} = O_c \cdot T_{шт.к}, \text{ грн} \quad (2.31)$$

де - основна заробітна плата верстатника за 1 годину, грн; O_c

$T_{шт}$ - трудомісткість виготовлення, годину.

До додаткової заробітної плати виробничих робітників відносять платежі, передбачені договорами і контрактами, які складають 8% ... 12% від основної заробітної плати [13]:

$$З_{доп.} = З_{ос.} \cdot (0,08 \dots 0,12), \text{ грн} \quad (2.32)$$

Відрахування від заробітної плати виробничих робітників визначаємо відповідно до встановленої норми 38,75% до витрат на заробітну плату виробничих робітників (основну і додаткову). Вони включають в себе відрахування до пенсійного фонду на соц. страхування від нещасних випадків до фондів зайнятості [13].

$$H_3 = (З_{ос} + З_{доп.}) \cdot 0,3875, \text{ грн} \quad (2.33)$$

Основна зарплата наладчика з розрахунком обслуговування 4-х верстатів [1]:

$$З_н = 0,25 \cdot O_n \cdot T_{шт}, \text{ грн} \quad (2.34)$$

де - основна заробітна плата виробничих робітників за 1 год .; O_n

$T_{шт}$ - трудомісткість виготовлення, годину.

Розрахунок загальної заробітної плати зведений таблицю 2.6.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6 - Розрахунок заробітної плати

Показник	1-й варіант, грн.	2-й варіант, грн.
Основна зарплата	20.54	14.46
Додаткова зарплата	2.05	1.45
обов'язкові відрахування	7.62	5,64
Зарплата (основна і додаткова) з відрахуваннями	30.21	21.55
Зарплата наладчика (Z_n)	7.55	5.39

Витрати на амортизацію обладнання на деталь, яка виготовляється і визначається за формулою [1]:

$$Q_a = \frac{Q_{ст.} \cdot 0,1 \cdot T_{шт.к}}{60 \cdot \Phi_d \cdot \eta_z} \quad (2.35)$$

де - щорічні амортизаційні відрахування, грн .; $Q_{ст.}$

Φ_d - дійсний річний фонд роботи обладнання;

η_z - коефіцієнт завантаженості устаткування за часом ($\eta_z = 0,86$) [1].

$$Q_{ст} = K_{об}/n, \quad (2.36)$$

де n - норма амортизації основного бюджету (для обладнання $n = 5$ років) [1];

$K_{об}$ - вартість обладнання, враховуючи пуско-налагоджувальні роботи [1];

$$K_{об} = 1,32 \cdot C_{об}, \quad (2.37)$$

де - вартість обладнання; $C_{об}$

Вартість обладнання вибираємо відповідно:

токарний обробний центр Haas- 500000 грн;

інші верстати беремо 250000 грн. за кожен.

$$K_{об_1} = 1,32 \cdot 1000000 = 1320000 \text{ грн,}$$

$$K_{об_2} = 1,32 \cdot 1000000 = 1320000 \text{ грн.}$$

отже:

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_{\text{ст}_1} = \frac{1320000}{4} = 330000 \text{ грн.},$$

$$Q_{\text{ст}_1} = \frac{1320000}{3} = 440000 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт і експлуатацію устаткування визначаємо з розрахунку 10% від вартості обладнання на рік [13]:

$$Q_p = \frac{K_{\text{об}} \cdot 0,1 \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot \Phi_d \cdot \eta_z} \quad (2.38)$$

Витрати на експлуатацію та амортизацію спеціальних пристосувань [1]:

$$\Pi = \frac{(a_1 + a_2) \cdot S_{\text{пр.}}}{100 \cdot N_{\text{час}}} \quad (2.39)$$

де - річні відрахування на амортизацію пристосувань (25% від витрат на його виготовлення [1]); a_1

a_2 - витрати на ремонт (10%)[1];

$S_{\text{пр.}}$ - вартість пристосування (дані були розраховані в п.2.2.5).

$N_{\text{час}}$ - кількість деталей, які обробляються на протязі року за допомогою цього пристосування.

Витрати на експлуатацію та амортизацію ріжучих інструментів.

$$U_p = \sum_1^k \frac{S_{\text{р.и.}} + m \cdot S_{\text{пер.}}}{T_{\text{мин.}} \cdot (1+m)} \cdot T_o, \quad (2.40)$$

де. - початкова ціна ріжучого інструменту. Для спеціального різця = 140 грн. $S_{\text{р.и.}}$ $S_{\text{р.и.}}$

m - число переточувань зносу. Для різця $m = 4$ [6].

k - число інструментів на операції. Різців в операції застосовують 1 шт.

$S_{\text{р.и.}}$ - вартість однієї переточки. $S_{\text{пер.}} = 19$ грн [1].

$T_{\text{мин.}}$ - стійкість інструменту між двома переточуваннями (хв).

Для різця $K_{\text{мин.}} = 22$ хв [6].

T_o - основне (машинне) час.

Витрати на електроенергію, стиснене повітря і технічну воду [1].

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Xi = N_{\Xi} \cdot K_n \cdot \eta_N \cdot \eta_{to} \cdot t_n \cdot \left(1/\eta_{дв}\right) \cdot C_{\Xi}, \quad (2.41)$$

де - потужність встановлених електродвигунів, кВт; N_{Ξ}

t_n - норма часу, який використовується на виконання даної операції, час;

Для 1-го варіанту [1]; $N_{\Xi} \cdot t_n = 62.1$ час

Для 2-го варіанту [1]; $N_{\Xi} \cdot t_n = 42.6$ час

K_n - коефіцієнт втрат в мережі. Прінімаємо [1]; $K_n = 1$

η_N - коефіцієнт завантаження силової установки за потужністю () [1]; $\eta_N = 0,5$

η_{to} - коефіцієнт використання силової установки за часом () [1]; $\eta_{to} = 0,7$

$\eta_{дв}$ - к.п.д електродвигунів () [1]; $\eta_{дв} = 0,88$

C_{Ξ} - собівартість 1 кВт-год електроенергії () [1]. $C_{\Xi} = 1,56$ грн

На підставі розрахунків заповнюємо таблицю таблиця 2.7.

Таблиця 2.7 - Собівартість одиниці продукції

№ п / п	Стаття калькуляції	1-ий варіант	2-ий варіант
1	Вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів	20,47	16,99
2	Заробітна плата виробничих робітників з урахуванням витрат на соціальне страхування та додаткову заробітну плату	20,54	14,46
3	Заробітна плата наладчика в серійному виробництві	7,55	5,39
4	Витрати на амортизацію обладнання	7,62	5,64
5	Витрати на ремонт обладнання	29,34	23,57
6	Витрати на експлуатацію та амортизацію спец. пристосувань	1,82	1,63
7	Витрати на експлуатацію та амортизацію ріжучого інструменту	8,69	9,39
8	Витрати на експлуатацію та амортизацію вимірювального	0	0

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	інструмента		
9	Витрати на силову електроенергію, повітря і технічну воду	1,22	0,99
10	Витрати на додаткові матеріали	0	0
11	Разом:	97,25	78,06

2.4.2 Економічна ефективність проектних рішень та їх вплив на техніко-економічні показники роботи ділянки

Економічна ефективність капітальних вкладень, передбачених для реалізації проектних розробок, визначається окремо для кожного з розглядуваних варіантів технологічного процесу шляхом розрахунку показників абсолютної ефективності. Даний підхід дозволяє отримати об'єктивну порівняльну оцінку економічної доцільності впровадження запропонованого технологічного рішення відносно базового варіанту та обґрунтувати вибір оптимального з економічної точки зору варіанту виготовлення деталі. Розрахунок показників абсолютної ефективності капітальних вкладень є невід'ємною складовою техніко-економічного обґрунтування прийнятих технологічних рішень і дає змогу оцінити термін окупності інвестицій та загальний економічний ефект від впровадження вдосконаленого технологічного процесу у виробництво.

Річна економія від раціонального вибору двох варіантів технологічних процесів, які порівнюються, становить [1]:

$$\mathcal{E}_y = (C^1 - C^2) \cdot N_{\text{год}}, \quad (2.42)$$

де - собівартість велика, C^1

C^2 - собівартість менша,

$N_{\text{год}}$ - річна програма випуску заданих деталей.

$$\mathcal{E}_y = (97,25 - 78,06) \cdot 3200 = 61408 \text{ грн},$$

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняльні показники базового та проектного варіантів технологічних процесів наводимо в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 - Техніко-економічне порівняння варіантів технологічного процесу редуктора

№ п / п	Показники	Од. вим.	Варіанти		Відхилення (±)	
			1-ий	2-ий	Абс.	%
1	Річний випуск продукції	шт.	3200	3200	0	0
2	Річний фонд часу роботи обладнання	годин а.	4060	4015	-45	-1
3	Кількість обладнання на ділянці	шт.	42	33	-9	-21
4	Чисельність робітників ділянки	чол.	75	59	-16	-21
	основних робочих	чол.	57	45	-12	-21
	допоміжних робітників	чол.	11	9	-2	-18
5	Фонд заробітної платні	т.грн.	187500	147500	-40000	-21
6	Штучно-років наполегливої роботи. час	хв.	81,41	62,08	-7,3	- 32,7
7	Собівартість 1 од. продукції	грн.	97,25	78,06	-19,19	- 19,7
8	річна економія	грн		61408		

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Тема роботи передбачає розробку технологічного процесу виготовлення первинного валу редуктора в дрібносерійному виробництві у механообробному цеху машинобудівного підприємства.

Тому в даному розділі наведені загальні умови праці в цеху, розглянуто питання техніки безпеки та пожежної профілактики, узагальнені питання впливу механообробного цеху на навколишнє середовище та методи його захисту.

3.1 Загальна характеристика умов праці

В запропонованому, в даній роботі, технологічному процесі виготовлення розглядаємої деталі мають місце ряд небезпечних та шкідливих чинників, що можуть діяти на працівників. Основними з цих чинників є: механічні, електричні та хімічні.

Дане підприємство за ДСП 173-96 відноситься до IV класу з санітарно-захисною зоною не менше 100 м [23]. Будівля механообробного цеху є одноповерховою промисловою спорудою каркасного типу. Несучі конструкції виконано із залізобетону, зовнішні стіни - із силікатної цегли товщиною 510 мм з утеплювачем мінеральна вата 100 мм. Покрівля — плоска суміщена, з рулонною гідроізоляцією. Підлога у цеху - бетонна з полімерним покриттям, стійка до впливу мастильно-охолоджувальних рідин та механічних навантажень від переміщення обладнання. Площа ділянки становить 760 м² (38×20 м), висота приміщення - 6,0 м. Згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [24] категорія важкості робіт – II-б, тобто середньої важкості.

					6.131.221395.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Казимирів М.О.			ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА		
Перев.		Романько Я.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабун В.М.					
Затв.		Незруб С.Л.					
					Літ.	Арк.	Архив
					Б	Т	1 9
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т		

Оптимальні величини параметрів мікроклімату на території виробничого приміщення цеху наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оптимальні величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середня – II б	17 - 19	60 - 40	0,2
Теплий	Середня – II б	20 - 22	60 - 40	0,3

Стіни ділянки пофарбовані сіро-блакитний колір, обладнання - в світло зелений. Дані кольори відповідають усім вимогам СН 181-70 [26].

Крім речовин у повітрі на працівників також діють й інші шкідливі речовини. Наприклад потрапляння на голу шкіру змащувально-охолоджуючих речовин і різноманітних масел можуть викликати різні захворювання шкіри (одним з найбільш частих проявів є різноманітні дерматити).

У механічному цеху під час виконання операцій точіння, фрезерування, свердління, шліфування та інших видів механічної обробки утворюються шкідливі речовини у вигляді пилу, аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) та газів. Основними небезпечними хімічними чинниками є кремнеземовмісний пил, металевий пил, аерозолі мінеральних масел, вуглеводні та оксид вуглецю. Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони механічного цеху наведені у таблиці 3.2 [27]. Дані речовини при тривалому впливі на організм працівників та перевищенні гранично допустимих концентрацій (ГДК) можуть призводити до виникнення різноманітних професійних захворювань. Вдихання аерозолів мастильно-охолоджувальних рідин (МОР) на основі мінеральних олій спричиняє розвиток хронічного бронхіту, бронхіальної астми та ліпоїдної пневмонії внаслідок осідання дрібнодисперсних крапель у нижніх відділах дихальних шляхів. Металевий пил, що утворюється при механічній обробці сталевих заготовок,

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

містить частинки розміром менше 5 мкм, які проникають у альвеоли легень та можуть викликати пневмоконіоз - хронічне фіброзне захворювання легеневої тканини. Пари мастил і емульсій при тривалій експозиції подразнюють слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, очей та шкіри, спричиняючи розвиток професійних дерматитів та кон'юнктивітів. Оксид вуглецю (CO), що може виділятися при термічних процесах різання, зв'язується з гемоглобіном крові, утворюючи карбоксигемоглобін, що знижує здатність крові переносити кисень до органів і тканин, спричиняючи гіпоксію

Таблиця 3.2 – Граничні допустимі концентрації шкідливі речовин в механічному цеху

Речовина	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки	Характер дії
Пил кремнемісний (вміст SiO ₂ 2–10 %)	4,0	III	Фіброгенна
Аерозолі мінеральних масел (МОР)*	5,0	III	Подразнювальна
Пил залізомісний (оксиди заліза)**	6,0	III	Подразнювальна
Вуглеводні аліфатичні (у перерахунку на C)***	300	IV	Загальнотоксична
Оксид вуглецю (CO)	20,0	IV	Загальнотоксична

Основними джерелами шуму у механообробному цеху є металорізальні верстати - токарні, фрезерні, свердлильні та шліфувальні. Шум виникає внаслідок вібрації різального інструменту при контакті з оброблюваною заготовкою, роботи електродвигунів приводів верстатів, а також обертання шпинделів та зубчастих передач у коробках швидкостей і подач. Фактичні і допустимі рівні шуму на виробництві відповідно до вимог ДСН 3.3.6.037-99 [28] наведені в таблиці 3.3. Додатковими джерелами шуму є вентиляційні установки припливно-витяжної системи, насоси подачі МОР, транспортні засоби для переміщення заготовок і готових деталей, а також удари металевих деталей при їх завантаженні та розвантаженні. Тривалий вплив шуму понад допустимий рівень призводить до розвитку професійної приглухуватості, підвищення артеріального тиску та зниження концентрації уваги операторів верстатів

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.3 – Допустимі рівні шуму на виробництві

Вид трудової діяльності, місця	робочі	Рівні звукового тиску, дБ, в складних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звуку еквівалентні рівні звуку, дБ(А)	Фактичний рівень звуку, дБ(А)		
		1,5	3	25	50	100	200	400	800	1600				
Постійні місця у виробничих приміщеннях і на території підприємств	робочі	07	5	7	2	8	5	7	3	1	7	69	80	85

Допустимий рівень загальної вібрації за ДСН 3.3.6.039-99 [29] і складає від 92 до 108 дБ(А) при частоті 2 - 63 Гц. Причини виникнення вібрації – невідновлені силові дії в механізмах, незакріплене обладнання та порушення техніки безпеки користування верстатами. Дія вібрацій на організм людини впродовж тривалого часу призводить до ураження центральної нервової системи і, як наслідок, порушень фізіологічних функцій організму в цілому. Локальна вібрація викликає спазми судин. Допустимі рівні локальної вібрації вказані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Гранично допустимі рівні локальної вібрації

Середньгеометричні частоти октавних смуг, Гц	Допустимі значення по осях X_L , Y_L , Z_L			
	віброшвидкість		віброприскорення	
	м/с·10 ⁻²	дБ	м/с ²	дБ
8	2,8	115	1,4	73
31,5	1,4	109	2,7	79
250			21,3	97
500			42,5	103

Згідно ДБН В.2.5-28-2006 [30] спроектоване приміщення, спираючись на характер зорової роботи при фіксованому напрямі лінії зору працівників на робочу поверхню, по характеристиці зорової роботи відноситься до IV-го розряду зорової роботи з мінімальною величиною нормованої освітленості 200 лк.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основну групу небезпечних чинників у механообробному цеху становлять незахищені частини машин і механізмів, що обертаються та рухаються. До них належать шпинделі токарних і фрезерних верстатів, патрони, планшайби, фрези, свердла та шліфувальні круги. Передаточні пристрої, які при відсутності захисних кожухів становлять серйозну небезпеку затягування одягу або кінцівок працівника. Вантажопідйомні пристрої при неправильному стропуванні або раптовому обриві канату створюють небезпеку падіння вантажу на працівників.

Гострі кромки заготовок після токарної та фрезерної обробки, задирки, стружка (особливо зливна стружка при токарній обробці сталі) є джерелом порізів рук та обличчя. Відлітаючі частинки стружки та уламки різального інструменту при його поломці становлять небезпеку для органів зору. Потенційні механічні травми включають: порізи та колоті рани від стружки та гострих кромок деталей, защемлення кінцівок рухомими частинами верстатів, переломи при падінні деталей під час завантажувально-розвантажувальних робіт, травми очей від стружки та бризок МОР.

3.2 Техніка безпеки та пожежна профілактика

Організація проведення навчання та інструктажів з охорони праці здійснюється відповідно до вимог НПАОП 0.00-4.12-05 [31]. Кожен працівник підприємства зобов'язаний проходити навчання та перевірку знань у галузі охорони праці згідно з положеннями «Типового положення про порядок навчання й перевірки знань по охороні праці керівників і фахівців підприємств, установ і організацій». Навчальні програми з охорони праці розробляються та затверджуються роботодавцем за погодженням із профспілковим комітетом і службою охорони праці підприємства.

У разі отримання працівником незадовільної оцінки за результатами перевірки знань повторне тестування призначається не пізніше ніж через місяць. Протягом цього періоду такий працівник не має права виконувати

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

роботу самостійно без безпосереднього контролю з боку відповідального фахівця.

Працівники, які мали перерву у виконанні відповідного виду робіт тривалістю понад три роки, а для робіт з підвищеною небезпекою - понад один рік, зобов'язані пройти повторний курс навчання з наступною перевіркою знань з охорони праці. Лише після успішного складання іспиту та отримання позитивної оцінки такі працівники допускаються до самостійного виконання робіт на своєму робочому місці.

Персонал усіх виробництв зобов'язані проходити ряд інструктажів з охорони праці, серед яких:

- вступний;
- первинний (на робочім місці);
- повторний (не рідше одного разу в квартал);

Крім вищезазначених інструктажів працівники проходять також:

- цільовий інструктаж (при виконанні особливо небезпечних робіт та робіт, що не пов'язаних з основною діяльністю.

- позаплановий інструктаж (при порушенні вимог з охорони праці й нещасних випадках, при перервах у роботі, при заміні технологічного процесу або модернізації встаткування);

За ступенем небезпеки ураження людей електричним струмом приміщення механічного цеху відноситься до особливо небезпечних приміщень [32]. Для зменшення ризиків ураження електричним струмом, або повного їх усунення на промисловій ділянці необхідно:

- струмопровідні частини електроустановок розміщувати на висоті 2,5 м від підлоги
- виконувати захисне заземлення (примусове з'єднання металевих частин обладнання з землею).
- з метою уникнення випадкового торкання працівників до струмопровідних елементів використовують захисні огороження.
- максимально використовувати малі напруги.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- використовувати блокувальні пристрої, автоматичні вимикачі, попереджувальну сигналізацію та попереджувальні знаки
- при ізоляції струмопровідних елементів використовувати подвійну та посилену ізоляцію;
- регулярно проводити огляд та ремонт електроустановок та струмопровідних елементів на предмет пошкодження ізоляції і т.п.

У механічному цеху передбачається застосування заходів захисту від ураження електричним струмом відповідно до вимог НПАОП 40.1-1.21-98 [33].

Для електроустановок напругою до 1000 В застосовується система захисного заземлення (занулення) відповідно до прийнятої системи електропостачання. Захисне заземлення здійснюється шляхом приєднання металевих неструмоведучих частин обладнання до захисного провідника. Як природні заземлювачі можуть використовуватись металеві конструкції будівлі за умови забезпечення їх електричної безперервності та відповідності вимогам ПУЕ.

Опір заземлювального пристрою повинен відповідати вимогам ПУЕ та забезпечувати надійне спрацювання захисних апаратів. Для електроустановок до 1000 В із глухозаземленою нейтраллю опір заземлення нейтралі, як правило, не повинен перевищувати 4 Ом [32].

Для запобігання травмування персоналу різними механізмами, що рухаються забезпечується: установкою захисних огорожень, захисних кожухів на рухливих елементах устаткування; забезпеченням зручного доступу до всіх механізмів для їхнього обслуговування й ремонту; фарбуванням устаткування, що підвищує увагу до найнебезпечніших місць. Якщо рухливі механізми дуже великі й неможливо забезпечити повну відсутність працівників на цій території їх огорожують суцільними і сітчастими огорожами, а для переміщення працівників передбачені спеціальні містки.

Виробничий процес в цеху по вибуховій, вибухопожежній і пожежній безпеці, згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [34] відноситься до категорії В. Ступінь вогнестійкості будівельних конструкцій I та II згідно ДБН В.1.1-7:2016 [35].

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На підприємстві розроблено ряд заходів для запобігання виникнення пожежі:

- системи управління електрообладнання оснащені автоматами максимального токового захисту і плавкими запобіжниками;
- трансформаторні лотки винесені за межі виробничого приміщення;
- електрообладнання забезпечено тепловим реле, плавкими запобіжниками, автоматами струмового захисту, які розмикають ланцюг у разі їх спрацьовування;
- для попередження нагріву електродвигунів застосовується примусова вентиляція;
- на установках мастильної гідравліки здійснюється усунення витоків, захист від іскри та джерел вогню;
- мастилопідвали забезпечені припливно-витяжною вентиляцією, а електричне устаткування в них повинно бути у вибухозахищеному виконанні;
- промаслене дрантя збирається в металеву тару.
- використовують систему захисту від блискавок II категорії.

Можливими причинами виникнення пожеж на ділянці є:

- займання електроустаткування при перевантаженнях та коротких замиканнях (клас пожежі – Е);
- займання паливно-мастильних матеріалів при попаданні в них іскри (при зварюванні на стикозварювальній машині при подовжньому зварюванні труб (клас пожежі – В);
- самозаймання промасленого дрантя (клас пожежі – А).

Для гасіння можливих пожеж в цеху передбачені засоби пожежогасіння, згідно НАПБ А.01.001-2014 “Правила пожежної безпеки в Україні” [26] та НАПБ Б.03.001-2004 [37]. Пожежні щити встановлюються на території цеху з розрахунку один щит на 5000 м². У комплект щита входять: вогнегасники – 3 шт, ящики з піском – 1 шт, покривало з матеріалу, що не горить – 1 шт, багри – 2 шт, ломы – 2 шт, лопати – 2 шт, сокири – 2 шт.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3 Захист навколишнього середовища

Технологічний процес виготовлення машинобудівної продукції охоплює комплекс взаємопов'язаних операцій: лиття, обробку тиском, зварювання та паяння, термічну й хіміко-термічну обробку, механічну, електрофізичну та електрохімічну обробку тощо. Окрім основних виробничих підрозділів, до структури машинобудівних підприємств входять випробувальні станції, теплоенергетичні комплекси (ТЕЦ) і допоміжні служби, що забезпечують функціонування виробництва.

Машинобудування є однією з провідних галузей промисловості, оскільки визначає технічний рівень розвитку держави та забезпечує інші сектори економіки обладнанням, машинами й технологічними системами). Водночас виробничі процеси в галузі характеризуються значною різноманітністю джерел техногенного впливу на довкілля, що зумовлено широкою номенклатурою матеріалів, технологій і продукції. Рівень та характер впливу на навколишнє середовище суттєво відрізняються залежно від типу виробничого підрозділу: металургійні та ливарні цехи формують переважно атмосферні викиди, тоді як гальванічні й травильні відділення створюють підвищене навантаження на водні ресурси.

До основних джерел забруднення атмосферного повітря на машинобудівних підприємствах належать ливарні, зварювальні та фарбувальні цехи; певний внесок здійснюють також ділянки механічної обробки. Ливарне виробництво вважається одним із найбільш екологічно навантажених процесів, оскільки супроводжується викидами оксиду вуглецю, пилу, оксидів азоту й сірки, а також органічних сполук і формуванням значних обсягів відходів формувальних сумішей та стічних вод.

З метою зменшення негативного впливу змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР) на довкілля доцільним є впровадження технологій так званого «екологічно чистого різання», зокрема із застосуванням озонованого повітря або мінімально-мастильних систем (MQL). Подавання озонованого середовища

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в зону різання сприяє інтенсифікації теплообміну, покращенню умов стружкоутворення та зменшенню зношування інструменту, що в підсумку підвищує продуктивність і екологічну безпеку процесу. Дослідження свідчать про зниження інтенсивності початкового зношування різального інструменту та зменшення граничної величини фаски зносу, що позитивно впливає на стабільність процесу. Виробничі спостереження також підтверджують зменшення концентрації шкідливих аерозолів у повітрі робочої зони після впровадження таких рішень.

Таким чином, застосування альтернативних до традиційних ЗОР технологій дає змогу знизити екологічне навантаження на виробниче середовище, зменшити корозійний знос елементів верстатного обладнання та підвищити рівень виробничої безпеки.

Крім того, доцільним є використання сучасного різального інструменту, зокрема продукції компанії KORLOY Inc., конструкція якої передбачає наявність ефективних стружколамальних елементів. Рациональна геометрія різальної частини забезпечує формування короткої керованої стружки, що полегшує її видалення із зони різання штатними системами стружкоприбирання верстата, очищення від залишків технологічних рідин та подальше брикетування з метою вторинної переробки.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

За результатами виконання дипломної роботи розроблено технологічний процес виготовлення деталі «первинний вал редуктора» та внесено ряд пропозицій щодо вдосконалення базового технологічного процесу, а саме:

- Визначено раціональний метод отримання заготовки для виготовлення валу з урахуванням дрібносерійного типу виробництва — прокатка сортового прокату, що забезпечує необхідну точність розмірів та мінімальні витрати матеріалу.

- Запропоновано замінити універсальне верстатне обладнання на верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК), що дозволяє підвищити якість оброблюваних поверхонь, скоротити машинний час обробки та зменшити вплив людського фактору на точність виготовлення деталі. У рамках роботи розроблено керуючу програму для верстатів з ЧПК.

- З метою визначення оптимальних припусків на механічну обробку та забезпечення заданої точності розмірів деталі проведено розмірний аналіз технологічного процесу.

- Спроековано верстатне пристосування для базування та закріплення заготовки в процесі механічної обробки.

- Відповідно до виробничої програми визначено вихідні дані для проектування виробничої ділянки цеху: розраховано необхідну кількість технологічного обладнання, робочих місць і транспортних засобів, а також розроблено планування ділянки.

- Розраховано економічну ефективність від впровадження запропонованих проектних рішень та визначено собівартість виготовлення деталі.

					6.131.221395.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Казимирів М.О.			ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ		
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабун В.М.					
Затв.		Негруд С.Л.					
					Літ.	Арк.	Аркуші
					Б	Т	1 2
					МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т		

- У розділі охорони праці та захисту навколишнього середовища проаналізовано основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, характерні для механообробної ділянки, а також розглянуто заходи щодо охорони навколишнього середовища на машинобудівному підприємстві.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Редуктор Ц2-300. АИР Україна. URL: <https://xn--80a9y.com.ua/reduktory/reduktor-ts2-300/> (дата звернення: 14.03.2026).

2. Сталь 40X. Metinvest SMC. URL: <https://metinvest-smc.com/ua/steel/stal-40kh/?srsltid=AfmBOoqTtJadMevX6dAVMN7OAXf9GP3bYoMYv8xXwhK2GELjGznKP0A2/> (дата звернення: 14.03.2026).

3. 3 ДСТУ ISO 1302:2018 – Технічні вимоги до геометричних характеристик продукції (GPS). Познака зовнішньої текстури в технічній документації на продукцію. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2018. 46 с.

4. 4 ДСТУ ISO 4287:2012 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Терміни, визначення понять і параметри структури. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2012. 36 с.

5. ДСТУ ISO 4288:2001 Технічні вимоги до геометрії виробів (GPS). Структура поверхні. Профільний метод. Правила та процедури оцінки шорсткості поверхні. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2001. 28 с.

6. Методичні вказівки до виконання випускних кваліфікаційних робіт освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» для студентів спеціальності 131-прикладна механіка (бакалаврський рівень)/ Гришин В.С., канд. техн. наук, доцент; Негруб С.Л., канд. техн. наук, доцент; Бондаренко С.В., старший викладач. Дніпро: НМетАУ, 2019. 50с.

7. Аналіз ринку електродвигунів, редукторів і генераторів в Україні. 2021 рік. Pro Consulting URL: <https://pro-consulting.ua/ua/issledovanie-rynka/analiz-rynka-elektrovdigatelej-reduktorov-i-generatorov-v-ukraine-2021-god> (дата звернення: 15.03.2026).

					6.131.221395.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ		
Розроб.		Казимирів М.О.					
Перев.		Бондаренко С.В.					
Реценз.							
Н. контр.		Карабута В.М.					
Затв.		Негруб С.Л.			МОНУ УДУНТ Кафедра ТМ гр. ІМ 01-22-Т		

8. Методичні вказівки з оформлення дипломних і курсових проектів для студентів інженерних спеціальностей НМетАУ і Гіпометей / Упоряд .: А.Е.Проволоцкій, В.Е.Кузнецов, В.М.Ласкін. Дніпропетровськ: НМетАУ Гіпометей, 2003. 59 с.

9. Справочник технолога-машиностроения: Том 1 / Под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова. М .: Машиностроение, 1985. 656 с.

10. Справочник технолога-машиностроителя: Том 2. /Под ред. А.Г. Ко-силовой, Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1985. 496с.

11. П.А.Руденко. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні. - К .: Вища школа, 1993. 414 с.

12. І.С. Цехмістро, В.С. Грішін. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник. Дніпропетровськ: ГМетАУ, 1997. 116 с.

13. Sandvik Coromant Online Catalogue. Helman CNC. URL: <https://www.helmancnc.com/sandvik-coromant-online-catalogue/> (дата звернення: 24.04.2026).

14. Обработка металлов резанием: Справочник технолога. А.А. Панов, В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Панова. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2004. 784 с.

15. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство» Москва:Машиностроение, 1974. 418 с.

16. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с числовым программным управлением. М, 1980 300 с.

17. М.С. Когут. Механоскладальні цехи та дільниці у машинобудуванні: Підручник. Львів: Видавництво Державного університету «Львівська політехніка», 2000. 352 с

18. Зубчатые передачи: Справочник. / Под общ. ред. Е.Г. Гинзбурга. Л.: Машиностроение, 1980. 416 с.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

19. Д.Н. Решетов. Детали машин. М.: Машиностроение, 1964. 723 с.
20. Методичні вказівки до проектування пристроїв для студентів спеціальності 7.090202 – технологія машинобудування Укл.: О.Г. Ясєв, В.О. Маковцев, Р.В. Пась. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2005. 50 с.
21. Конституція України: Прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. К.: Просвіта, 1996.
22. Конституція України : від 28.06.1996, : станом на 01.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 01.05.2026).
23. ДСП 173-96 Державні санітарні правила планування і забудови населених пунктів. К.: МОЗ України, 1996, с. 64.
24. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. К.: Держстандарт, 1999, с. 31.
25. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. Київ:Мінрегіонбуд України, 2011, с. 28.
26. СН 181-70. Указания по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1972. 29 с.
27. Про систему громадського здоров'я : Закон України від 01.01.2023, : станом на 01.01.2026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#Text> (дата звернення: 01.05.2026).
28. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку ДСН 3.3.6.037-99: Постанова від 01.12.1999, №37: поточна редакція. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text> (дата звернення: 05.05.2026).
29. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. К.: МОЗ України, 1999. 39 с.
30. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. К.: Мінрегіон України, 2018. 133 с.

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

31. Про затвердження Типового положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці та переліку робіт з підвищеною небезпекою НПАОП 0.00-4.12-05: Наказ від 26.01.2005, №15: редакція від 25.10.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text> (дата звернення: 8.06.2026).

32. Правила улаштування електроустановок. Київ:Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

33. НПАОП 40.1–1.21–98 правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ, 1998. 93 с.

34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. Київ: Мінрегіон України, 2016. 34 с.

35. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2017. 47с.

36. НАПБ А.01.001-2014. «Правила пожежної безпеки в Україні». Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : Наказ МВС України №1417 від 14.08.2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 08.06.2026)

37. НАПБ Б.01.008-2018. «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників». Наказ МВС України від 15.07.2022 р. №25 «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18> (дата звернення: 08.06.2026).

					6.131.221395.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

Технологічні параметри обладнання

Верстат токарного-гвинторізний 16K20

Клас точності Н

Найбільший діаметр заготовки, мм 400

Найбільший діаметр точіння, мм 220

Найбільший діаметр прутка, мм 50

Найбільша довжина виробу, мм 710

Предел числа оборотов шпинделя, об/мин 12,5-1600

Мощность электродвигателя главного движения кВт 11

Габариты станка, длина х ширина х высота 2505х1190х1500

Масса станка, кг 2835

Патронно-центровий токарний з ЧПК 16K30Ф305

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм: 630

Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм: 1400

Частота вращения шпинделя, об /мин 6,3-1250

Рабочая подача, мм/мин 1-1200

Количество инструментов 4-8

Мощность электродвигателя главного привода, кВт: : 11

Габарит станка (длина х ширина х высота), мм: 4500х2200х1600

Масса станка, кг: 7500

Фрезерний верстат 6Д82:

Класс точности: Н

Длина рабочей поверхности стола, мм 1250

Ширина стола, мм 320

Наибольшее перемещение по осям X,Y,Z, мм 950_320_400

Частота вращения шпинделя об/м: 20-2000

Мощность, кВт: 5,5

Размеры (Д_Ш_В), мм: 2275_2200_1695

Масса станка с выносным оборудованием, кг: 3025

Ножовочний відрізний верстат 8725А:

Найбільший розмір заготовки при відрізанні під кутос 90°: 250 мм;

Найбільша діагональ відрізаємої заготовки квадратного перетину (кут різку 90°): 250 мм;

Потужність: 2,2 кВт;

Ємність баку ЗОР: 30 л;

Довжина заготовки: 350...500 мм;;

Розмір ножовочного полотна: 450x40x2 мм;

Ширина пропилу: 2,0 мм;

Габаритні розміри: 1690x700x900 мм;

Ємність гідравлічної системи: 30 л;

Маса: 700 кг.

Верстат Haas ST-25Y:

Макс. діаметр над станиною: 533 мм

Макс. діаметр над кареткою: 527 мм

Макс. оброблюваний діаметр (револьвер ВМТ65): 298 мм

Макс. довжина обробки (без патрона): 572 мм

Діаметр 3-х кулачкового патрона: 254 мм

Макс. діаметр оброблюваного прутка: 76 мм

Діаметр отвору в шпинделі: 88,9 мм

Макс. частота обертання шпинделю: 3400 об/хв

Зубофрезерний верстат 3Б153:

Найбільший зовнішній діаметр колеса, що нарізається мм. 320

Найбільший оброблюваний модуль мм. 6

Найбільший кут нахилу нарізаємих зуб'єв, град 60

Найбільша ширина нарізаємого венця венця (прямозубого) колеса мм. 220

Відстань між вісьми інструмента й стола мм. 30...250

ДОДАТОК Б

Керуюча програма

%	N300 G00 Z-1.436
(FACE ROUGH TOPEЦI)	N305 G01 X70.8
(T1 = SC_DCLNR 2020K 12_CNMG 12 04 04-SM	N310 Z-9.6
S05F)	N315 X75.8
N25 T101	N320 X76.507 Z-9.246
N30 G1	N325 G00 Z-1.436
N35 G50 S4000	N330 G01 X65.8
N40 G97 S357 M03	N335 Z-9.6
N45 M8	N340 X70.8
N50 G00 X105.206 Z-4.9	N345 X71.507 Z-9.246
N55 G96 S118	N350 G00 Z-1.436
N60 G01 X-0.794 F0.35	N355 G01 X60.8
N65 Z0.	N360 Z-9.6
N70 X-0.087 Z0.354	N365 X65.8
N75 G00 Z3.0	N370 X66.507 Z-9.246
(FACE FINISH TOPEЦI)	N375 G00 Z-1.436
N85 G50 S4000	N380 G01 X58.333
N90 G96 S125	N385 Z-4.833
N95 X106.0	N390 X60.333 Z-5.833
N100 Z-5.0	N395 G03 X60.8 Z-6.397 R0.797
N105 G01 X-0.794 F0.24	N400 G01 X61.507 Z-6.043
N110 X4.01 Z-2.598	N405 G00 Z-2.0
N115 G00 Z3.0	(TURN SEMI-FINISH TOЧЕНИЕ1)
(TURN ROUGH TOЧЕНИЕ1)	N415 G50 S4000
N125 G50 S4000	N420 G96 S125
N130 G96 S118	N425 X53.246 Z-2.573
N135 X105.206	N430 G01 X60.05 Z-5.975 F0.24
N140 X106.0 Z-1.436	N435 G03 X60.4 Z-6.397 R0.597
N145 X95.2	N440 G01 Z-9.8
N150 G01 Z-214.1 F0.35	N445 X78.501
N155 X100.0	N450 G03 X79.677 Z-10.293 R0.597
N160 X100.707 Z-213.746	N455 G01 X80.382 Z-12.293
N165 G00 Z-1.436	N460 G03 X80.4 Z-12.397 R0.597
N170 G01 X90.4	N465 G01 Z-213.166
N175 Z-214.1	N470 G02 X81.402 Z-213.3 R1.001
N180 X95.2	N475 G01 X87.206
N185 X95.907 Z-213.746	N480 G03 X88.05 Z-213.475 R0.597
N190 G00 Z-1.436	N485 G01 X89.701 Z-214.3
N195 G01 X85.6	N490 X99.206
N200 Z-213.1	N495 X104.01 Z-211.898
N205 X87.206	N500 G00 X106.0
N210 G03 X88.333 Z-213.333 R0.797	N505 M9
N215 G01 X89.866 Z-214.1	N510 G28 U0.
N220 X90.4	N515 G28 W0.
N225 X91.107 Z-213.746	(TURN FINISH TOЧЕНИЕ2)
N230 G00 Z-1.436	(T2 = SC_SVJBR 2020K 16_VBMT 16 04 08-PR
N235 G01 X80.8	4325)
N240 Z-213.041	N530 T202
N245 G02 X81.402 Z-213.1 R0.801	N535 G50 S4000
N250 G01 X85.6	N540 G97 S1342 M03
N255 X86.307 Z-212.746	N545 M8
N260 G00 Z-1.436	N550 X52.169 Z-2.55
N265 G01 X75.8	N555 G96 S220
N270 Z-9.6	N560 G01 X59.535 Z-6.233 F0.15
N275 X78.501	N565 G03 X60.0 Z-6.794 R0.794 F0.045
N280 G03 X80.07 Z-10.259 R0.797	N570 G01 Z-10.0 F0.15
N285 G01 X80.776 Z-12.259	N575 X77.707
N290 G03 X80.8 Z-12.397 R0.797	N580 G03 X79.271 Z-10.656 R0.794 F0.045
N295 G01 X81.507 Z-12.043	N585 G01 X79.976 Z-12.656 F0.15

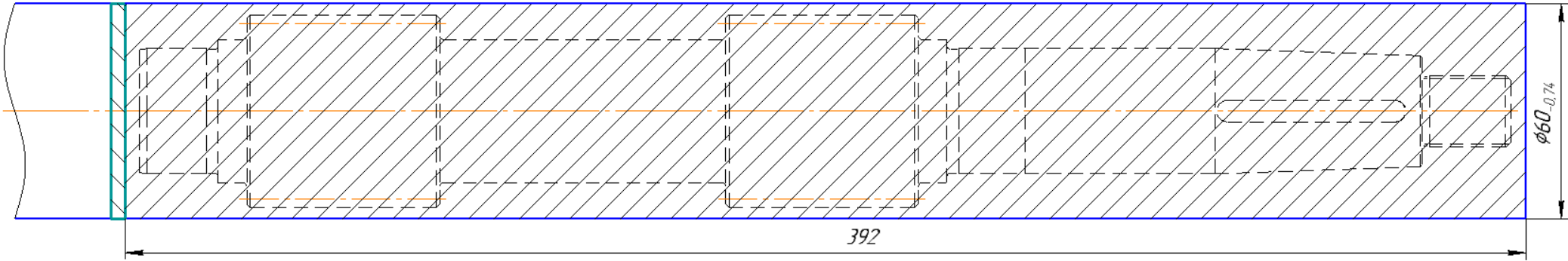
N590 G03 X80.0 Z-12.794 R0.794 F0.045	N895 X150.0 Z-144.5
N595 G01 Z-208.794 F0.15	N900 X86.0
N600 G03 X79.535 Z-209.355 R0.794 F0.045	N905 G01 X80.06 F767.0
N605 G01 X79.0 Z-209.623	N910 X78.337 Z-134.5
N610 Z-212.696 F0.15	N915 X76.614 Z-144.5
N615 G02 X80.608 Z-213.5 R0.804	N920 X74.891 Z-134.5
N620 G01 X86.412	N925 X73.169 Z-144.5
N625 G03 X87.535 Z-213.733 R0.794 F0.045	N930 X71.446 Z-134.5
N630 G01 X89.535 Z-214.733 F0.15	N935 X69.723 Z-144.5
N635 X94.9 Z-212.05	N940 X68.0 Z-134.5
N640 G00 X106.0	N945 Z-192.5 F1534.0
N645 M9	N950 G03 R-1.42
N650 G28 U0.	N955 G01 Z-134.5
N655 G28 W0.	N960 G03 R-1.42
(DRILL ОТВЕРСТИЕ1)	N965 G02 Z-137.384 R3.33
(T3 = SC_870-0670-16L20-8_16-ММ 2234-повор. Z)	N970 G03 Z-140.268 R3.33
N670 T303	N975 G01 Z-192.5
N675 G97 S2850 M03	N980 G03 R-4.75
N680 M8	N985 G01 Z-134.5
N685 X0. Z25.0	N990 G03 R-4.75
N690 Z-2.0	N995 G01 Z-140.268
N695 G83 Z-2.0 R-2.0 I6.7 J3.35 K0.01 F0.06	N1000 Z-144.5
N700 G80	N1005 X66.337 Z-134.5 F767.0
N705 Z25.0	N1010 X64.614 Z-144.5
N710 X-34.641 Z-2.0	N1015 X62.891 Z-134.5
N715 G83 Z-2.0 R-2.0 I6.7 J3.35 K0.01 F0.06	N1020 X61.169 Z-144.5
N720 G80	N1025 X59.446 Z-134.5
N725 Z25.0	N1030 X57.723 Z-144.5
N730 X34.641 Z-2.0	N1035 X56.0 Z-134.5
N735 G83 Z-2.0 R-2.0 I6.7 J3.35 K0.01 F0.06	N1040 Z-192.5 F1534.0
N740 G80	N1045 G03 R-1.42
N745 Z25.0	N1050 G01 Z-134.5
N750 M9	N1055 G03 R-1.42
N755 G28 U0.	N1060 G02 Z-137.384 R3.33
N760 G28 W0.	N1065 G03 Z-140.268 R3.33
(TAP ОТВЕРСТИЕ1)	N1070 G01 Z-192.5
(T4 = SC_CoroTap 300_EX09PM8-повор. Z)	N1075 G03 R-4.75
N775 T404	N1080 G01 Z-134.5
N780 G97 S230 M03	N1085 G03 R-4.75
N785 M8	N1090 G01 Z-140.268
N790 X0.	N1095 Z-141.262
N795 Z-2.0	N1100 G03 Z-142.573 R2.75 F767.0
N800 G84 X0.0 Z-22.188 F1.25	N1105 G01 Z-192.5 F1534.0
N805 G80	N1110 G03 R-6.0 F836.7
N810 Z25.0	N1115 G01 Z-134.5 F1534.0
N815 X-34.641 Z-2.0	N1120 G03 R-6.0 F836.7
N820 G84 X0.0 Z-22.188	N1125 G01 Z-145.573 F1534.0
N825 G80	N1130 G03 Z-146.884 R2.75 F767.0
N830 Z25.0	N1135 G01 Z-147.878 F1534.0
N835 X34.641 Z-2.0	N1140 G00 X150.0
N840 G84 X0.0 Z-22.188	N1145 M9
N845 G80	N1150 G28 U0.
N850 Z25.0	N1155 G28 W0.
N855 M9	M5
N860 G28 U0.	N1165 M30
N865 G28 W0.	%
(SLOT ROUGH1 ПИА31)	
(T5 = SC_CoroMill Plura_2N342-1000-PC 1730-повор. X)	
N880 T505	
N885 G97 S5200 M03	
N890 M8	

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7		
Дубл.														
Взам.														
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
												Листов		Лист 1
Разраб.				УДЧНТ										
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				6.131.221395.ТП										
Н. Контр.														
«ЗАТВЕРДЖУЮ»														
Зав. кафедрой технологии машиностроения														
_____ (Світлана НЕГРУБ.)														
« ____ » _____ 2026 г.														
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС														
<u>ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛИ</u>														
Первинний вал														
СОГЛАСОВАНО:														
Руководитель _____ (Сергій БОНДАРЕНКО.)														
Разработчик _____ (Максим КАЗИМИРОВ														
Н.контроль _____ (Владлен КАРАБУТ)														
.														
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС														

										ГОСТ 3.1118-82			Форма 1			
Дубл.																
Взам.																
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
													Листов	Лист 2		
Разраб.					УДУНТ			6.131.221395.ТП								
Проверил																
Согласов.																
Т. контр.					Первинний вал											
Н. контр																
M01	Круг В1-60 ГОСТ 2590-2006/40X															
M02	Код		ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КВМ	Код загот.		Профиль и размеры		КД	МЗ			
	-		КГ	5,96			0,49	прокат		Круг 60x392		1	12,1			
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, наименование операции					Обозначение документа						
Б	Код, наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п.з.	Т шт.
A01				005	Відрізна											
B02					Відрізний верстат 8725А									1	0,24	1,08
A03				010	Токарна з ЧПК											
B04					Haas ST-25Y											
A05				015	Програмно-комбінована з ЧПК									1	0,48	5,21
B06					Haas ST-25Y											
A07				020	Зубофрезерна											
B08					Зубофрезерний верстат 53A30П									1	1,16	9,03
A09				025	Слюсарна											
B10					Механізований верстак									1	3,40	32,4
A11				030	Круглошліувальна											
B12					Круглошліфувальний вертсат 3M153ДФ2									1	1,12	3,54
A13				035	Зубошліфувальна											
B14					Зубошліфувальний верстат 5B833									1	0,4	3,42
A15				040	Промивочна та контрольна											
B16					Миєчна машина											
МК	МАРШРУТНА КАРТА															

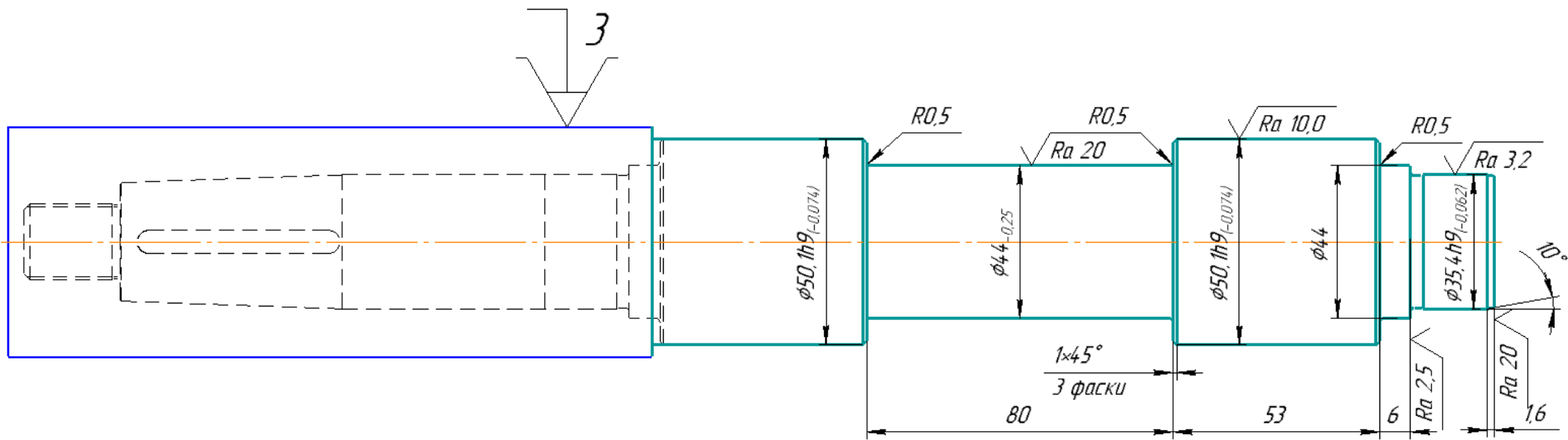
ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
									Листов	Лист				
Разраб.				УДУНТ		6.131.221395.ТП								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Первинний вал								005		
Н. контр														
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Відрізна				Сталь 40X				кг	5,96	Круг Ø 60x392		12,1	1	
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт. СОЖ		
Відрізний верстат 8725A				—						-				
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V
O01	1. Встановити заготовку та закріпити													
T02	Лещата верстатні, полотно по металлу 25 мм Ram D MasterTool													
03														
O04	2.Відрізати заготовку довжиною 304±0,65													
T05	Пила при верстаті													
P06														
O07	3. Розкріпити, зняти заготовку													
T08														
P09														
O10	4. Контроль виконавцем													
T11	Лінійка-1000													
12														
P13														
14														
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.					УДУНТ		6.131.221395.ТП						
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.					Первинний вал								005
Н. Контр.													



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2				
Дубл.														
Взам.														
Подл.														
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
									Листов	Лист				
Разраб.				УДУНТ		6.131.221395.ТП								
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.				Первинний вал								010		
Н. контр														
Наименование операции				Материал		Твёрдость		ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД	
Токарна з ЧПК				Сталь 40Х				кг	5,96	Круг Ø 60x392		12,1	1	
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о		Т в		Т пз		Т шт.		
Haas ST-25Y				—						-				
Р						ПИ	Д или В		L	t	i	S	n	V
O01	1. Встановити заготовку та закріпити													
T02	Патрон при верстаті													
P03														
O04	2.Точити зовнішній контур з припуском 0,4 мм, витримуючи розміри KE													
T05	Різець SANDVIK Coromant: державка DCLNR 2525M 12, пластина CNMG 12 04 08-PR 4325													
P06														
O07	3. Точити зовнішній контур фінально, витримуючи розміри KE													
T08	Різець SANDVIK Coromant: державка SVJBR 2020K 16, пластинаVBMТ 16 04 08-PR 4325													
P09														
O10	4. Контроль виконавцем													
T11	Штангельциркуль ШЦ-I-300-0,1													
12														
P13														
14														
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

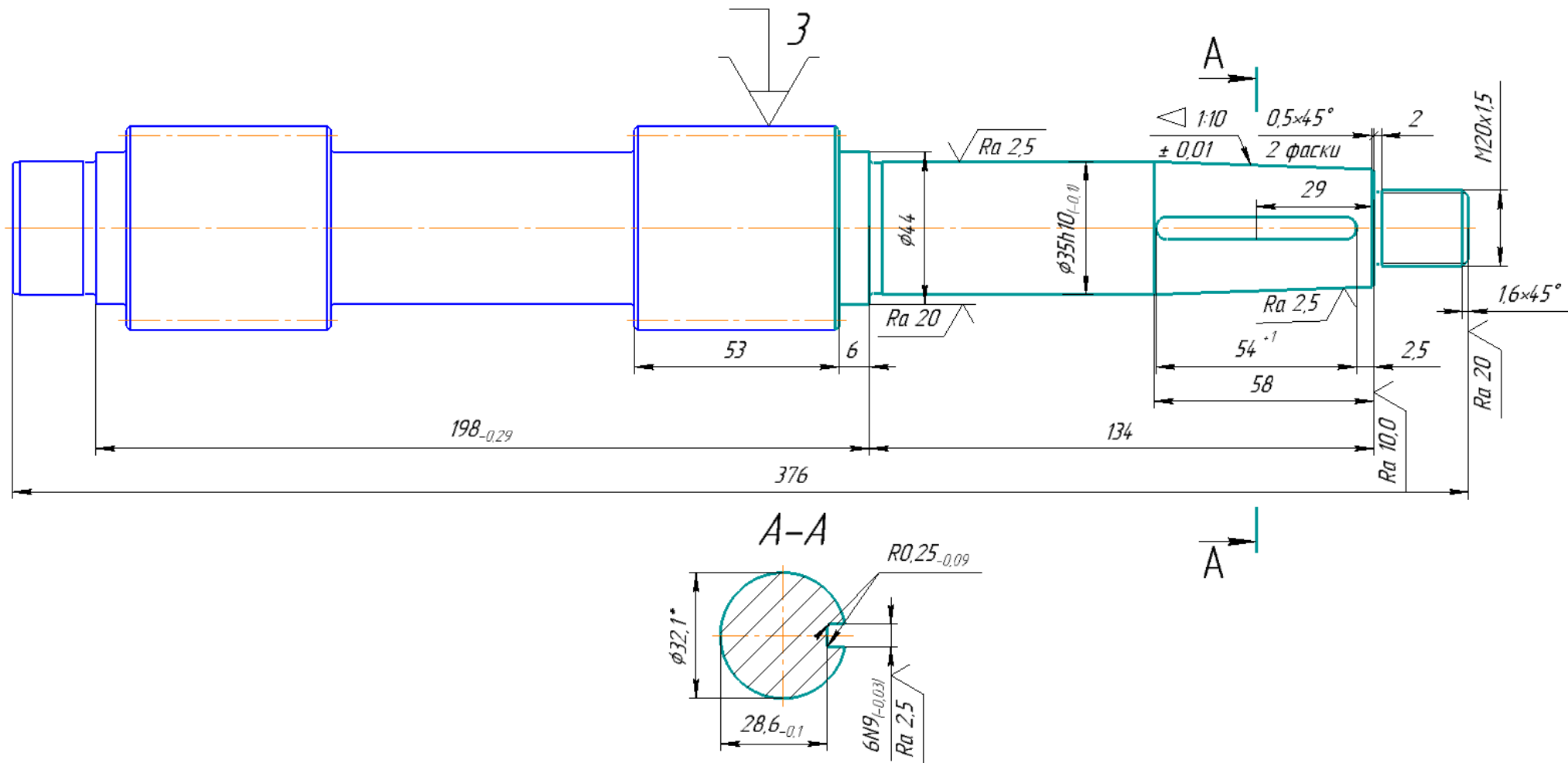
										ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.						УДУНТ		6.131.221395.ТП					
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.						Первинний вал						010	
Н. Контр.													



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		6.131.221395.ТП						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Первинний вал								015
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Програмно-комбінована з ЧПК				Сталь 40Х			кг	5,96	Круг Ø 60x392		12,1	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		СОЖ	
Haas ST-25Y				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	1. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Патрон трьохкулачковий											
03												
O04	2.Точити зовнішній контур попередньо з припуском 0,3 витримуючи розміри KE											
T05	Різець SANDVIK Coromant: державка DCLNR 2525M 12, пластина CNMG 12 04 08-PR 4325											
06												
O07	3.Точити зовнішній контур фінально витримуючи розміри KE											
T08	Резец SANDVIK Coromant: державка SVJBR 2020K 16, пластинаVBMT 16 04 08-PR 4325											
09												
O10	4. Фрезерувати шпонковий паз 76x10											
T11	Фреза кінцева CoroMill Plura 2P342-0600-PA											
P12												
O13	5. Нарізати різьбу M24x2											
T14	Різець різьбонарізний SANDVIK Coromant: державка 266RFA-2020-16, пластина266RG-16MM02A200M 1125											
P15												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

Дубл.														
Взам.														
Подл.														
										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

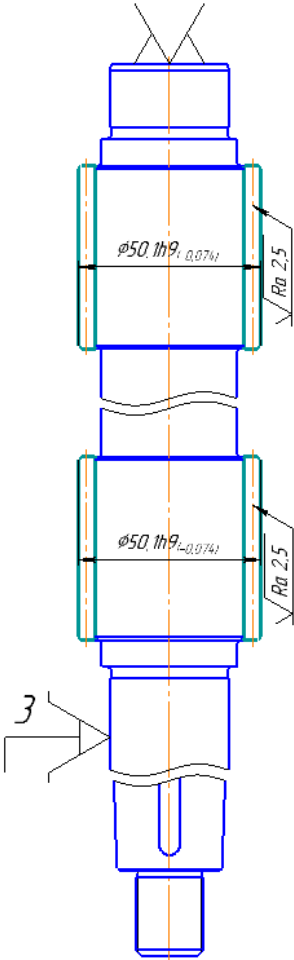
											Листов	Лист
Разраб.				УДУНТ	6.131.221395.ТП							
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Первинний вал								015
Н. Контр.												



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		6.131.221395.ТП						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Первинний вал								020
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Зубофрезерна				Сталь 40Х			кг	5,96	Круг Ø 60х392		12,1	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		СОЖ	
Зубофрезерный верстат 53А30П				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	1. Встановити заготовку та закріпити											
02												
O03	2. Фрезерувати 2 шестерні по 15 зубів, модуль 2,5 мм											
T04	Точити циліндри, витримуючи D=52 ^{+0.74} кінцево.											
P05	Фреза черв'чна модульна 2510-4287 А ГОСТ 9324-80											
T06												
P07	3. Розкріпити заготовку та зняти											
O08												
T09												
T10												
P11												
O12												
T13												
T14												
P15						7,1	49	3,55	1	0,15	2136	47,62
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

Дубл.														
Взам.														
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

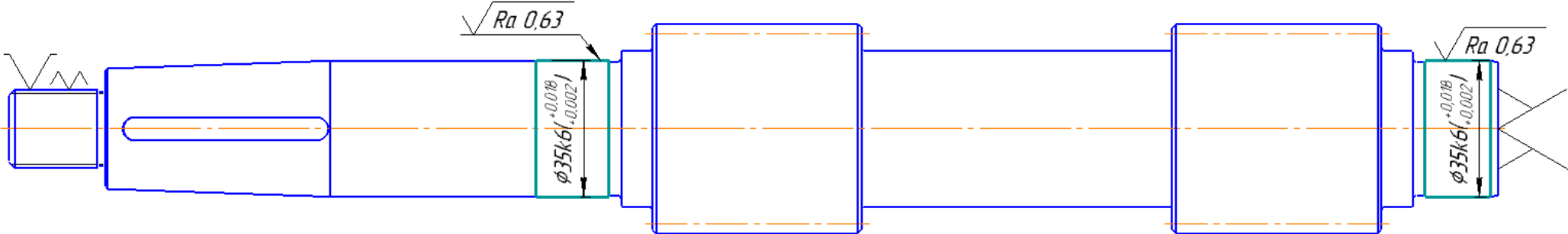
												Листов	Лист
Разраб.				УДУНТ	6.131.221395.ТП								
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.				Первинний вал									020
Н. Контр.													



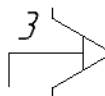
Модуль	<i>m</i>	2,5
Число зубьев	<i>z</i>	15
Угол наклона	<i>β</i>	29°32'29"
Направление линии зуба	-	шевронное
Нормальный исходный контур	-	ГОСТ13755-81
Коэффициент смещения	<i>x</i>	0
Степень точности по ГОСТ1643-81	-	8-B
Длина общей нормали	<i>W</i>	27,295 ^{+0,11} _{-0,21}
Делительный диаметр	<i>d</i>	43,103
Диаметр впадин зубьев	<i>df</i>	38,853*
Постоянная хорда зуба	<i>S_r</i>	4,11*
Высота до постоянной хорды зуба	<i>h_c</i>	2,752*
Обозначение чертежа сопряженного колеса	-	Ц2-300.00.011

ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		6.131.221395.ТП						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Первинний вал								030
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Круглошліфувальна				Сталь 40Х			кг	5,96	Круг Ø 60x392		12,1	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.	СОЖ		
Круглошліфувальний 3М153ДФ2				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	1. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Лещата призматичні											
03												
O04	2. Шліфувати шийки Ø35k6											
T05	Круг шліфувальний 25А ПП 350x40x127 F46											
T06												
P07	3. Розкріпити та зняти заготовку											
T08												
P09												
O10												
T11												
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

										ОСТ 3.1105-84		Форма 7	
Дубл.													
Взам.													
Подл.													
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
									Листов	Лист			
Разраб.						УДУНТ		6.131.221395.ТП					
Проверил													
Согласов.													
Т. контр.						Первинний вал						030	
Н. Контр.													



ГОСТ 3.1404-86										Форма 2		
Дубл.												
Взам.												
Подл.												
						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
									Листов	Лист		
Разраб.				УДУНТ		6.131.221395.ТП						
Проверил												
Согласов.												
Т. контр.				Первинний вал								035
Н. контр												
Наименование операции				Материал		Твёрдость	ЕВ	МД	Профиль и размеры		МЗ	КОИД
Зубошліфувальна				Сталь 40Х			кг	5,96	Круг Ø 60х392		12,1	1
Оборудование, устройство ЧПУ				Обозначение программы		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		СОЖ	
Зубошліфувальний 5В833				—				-				
Р						ПИ	Д или В	L	t	i	S	n V
O01	1. Встановити заготовку та закріпити											
T02	Лещата призматичні											
03												
O04	2. Шлифувати 2 шестерні по 15 зубі (m=2,5) фінально											
T05	Зубошліфувальне коло 4 500х50х305 25А 10-П С2 7 К1А 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83											
T06												
P07	3. Розкріпити та зняти заготовку											
T08												
P09												
O10												
T11												
12												
P13												
14												
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА											

035

Обозначение чертежа сопряженного колеса	-	Ц2-300.00.01
---	---	--------------