

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет дизайну машин і захисту довкілля

(назва факультету)

Кафедра технології машинобудування

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

6.131.221570.ПЗ

на тему: Розробка технологічного процесу виготовлення валу електродвигуна
в дрібносерійному виробництві

за освітньою програмою: Технологія машинобудування
зі спеціальності: 131 – прикладна механіка

Виконав: студент групи: ІМ01-22т

	(підпис студента)	/Віктор КОСТЮКОВ / (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Керівник:	(підпис)	/ст. викладач Світлана БОНЧУК/ (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Нормоконтролер:	(підпис)	/доцент Світлана НЕГРУБ/ (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Консультанти:		
Аналітична частина (назва розділу)	(підпис)	/ ст. викладач Світлана БОНЧУК / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Основна частина (назва розділу)	(підпис)	/ ст. викладач Світлана БОНЧУК / (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)
Охорона праці та захист навколишнього середовища (назва розділу)	(підпис)	/доцент Ярослав РОМАНЬКО/ (посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає
запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____

Дніпро – 20 26 рік

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

Faculty of Machine Design and Environmental Protection
(faculty)

Department of Mechanical Engineering Technology
(department)

Descriptive Note

to Bachelor's qualification work
(higher education degree)

6.131.221570.II3

on the topic: Development of the technological process for manufacturing a shaft
of electric motor in small-batch production

under study program: Mechanical Engineering Technology

Speciality: 131 - applied mechanics
(speciality and its code)

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

Viktor KOSTIUKOV

(name, surname)

Supervisor:

/ senior teacher Svitlana BONCHUK /
(position, name, surname)

Normative controller :

/ doc. Svitlana NEHRUB /
(position, name, surname)

Consultants:

Analytic chapter

(Section title)

/ senior teacher Svitlana BONCHUK /
(position, name, surname)

Main chapter

(Section title)

/ senior teacher Svitlana BONCHUK /
(position, name, surname)

Occupational safety and
environmental protection

(Section title)

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

(Section title)

(position, name, surname)

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: дизайну машин і захисту довкілля
Кафедра: технології машинобудування
Рівень вищої освіти: бакалавр
Освітня програма: Технологія машинобудування
Спеціальність: 131 – прикладна механіка
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології машинобудування

(підпис)

Світлана НЕГРУБ
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата _____

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу бакалавра
(ступінь вищої освіти)

студенту Костюкову Віктору Вікторовичу
(Прізвище, Ім'я По батькові)

Тема роботи Розробка технологічного процесу виготовлення валу електродвигуна в дрібносерійному виробництві

Керівник роботи: Бончук Світлана Вікторівна
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом від _____

2. Строк подання студентом роботи: 18.06.2026 р.

3. Вихідні дані до роботи Технологічний процес виготовлення деталі.
Креслення деталі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

4.1. Аналітична частина

4.2. Основна частина

4.3. Охорона праці та захист навколишнього середовища

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1 Креслення деталі з 3Д моделлю – 1 лист А1,

5.2 Технологічні наладки – 1 лист А1

5.3 Верстатний пристрій – 1 лист А1,

5.4 План розміщення технологічного обладнання – 1 лист А1.

6. Електронна частина: непередбачена

7. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та по-сада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналітична частина	Бончук С.В., ст. викладач		
Основна частина	Бончук С.В., ст. викладач		
Охорона праці та захист навколишнього середовища	Романько Я.В., доцент		

8. Дата видачі завдання 13.04.2026**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів атестаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітична частина	до 15.05.2026	
2	Основна частина	до 25.05.2026	
3	Охорона праці та захист навколишнього середовища	до 10.06.2026	
4	Оформлення пояснювальної записки	до 12.06.2026	
5	Виконання презентаційної частини роботи	до 15.06.2026	
6	Подання випускної роботи до кафедри	до 18.06.2026	
7	Захист випускної кваліфікаційної роботи в Ек-заменаційній комісії	19.06.2026	

Студент Віктор КОСТЮКОВКерівник роботи Світлана БОНЧУК

ВІДОМІСТЬ _____ *випускної роботи бакалавра*
(назва випускної кваліфікаційної роботи)

№ рядка	Формат.	Позначення	Назва	Кіл. аркушів	№ екз.	Прим.
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Заново розроблена			
5						
6	A4	6.131.2221570. ПЗ	Пояснювальна записка		1	
7	A4	6.131.2221570. ТП	Технологічний процес		1	
8			виготовлення деталі "вал"			
9						
10						
11			Документація по розділах			
12			роботи			
13						
14			Заново розроблена			
15						
16	A1	6.131.2221570. 01	Вал	1	1	
17	A1	6.131.2221570. 02	Технологічні наладки	1	1	
18	A1	6.131.2221570. 03 СК	Верстатний пристрій	1	1	
19	A1	6.131.2221570. 04	План розміщення	1	1	
20			технологічного обладнання			
21						
22						
23						
24						
25						
26						
			6.131.2221570. ПЗ			
Зм.	Літ	№ докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	Костюков				Відомість кваліфікаційної роботи	
Керівник	Бончук					
Консулат.						
Н.контр.	Негруд					
Затвердив	Негруд					
					Літер	
					Лист	
					Листів	
					Б	Т
						1
						1
					МОНУ УДУНТ	
					Каф. ТМ гр. ІМ01-22т	

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускної кваліфікаційної роботи бакалавра:

(вид кваліфікаційної роботи)

_____ с., _____ рис., _____ табл., _____ додатків, _____ джерел.

Об'єкт розробки – механічна дільниця механічного цеху.

Метою розробки є ескізне проектування механічної дільниці з комплексною розробкою технологічного процесу виготовлення деталі «вал».

Розроблено раціональний технологічний процес виготовлення деталі, який містить вибір оптимального варіанту отримання заготовки, розрахунок і визначення припусків на обробку. Призначено оптимальний маршрут обробки, вибрано нове виробниче обладнання, ріжучий та вимірювальний інструмент. Розроблено комплект технологічної документації, технологічні наладки, швидкодіючий верстатний пристрій.

Розроблені вихідні дані для проектування механічної дільниці для виготовлення деталі, передбаченої завданням. Проведено економічний аналіз показників запровадженого технологічного процесу та шкідливі і небезпечні чинники на механічній дільниці та заходи по їх усуненню.

ВАЛ, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, УСТАТКУВАННЯ, ПРИПУСК, РІЖУЧИЙ ІНСТРУМЕНТ, МЕХАНІЧНА ДІЛЬНИЦЯ, СОБІВАРТІСТЬ.

					6.131.221570.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Реферат		
Розроб.		Костюков					
Перевір.		Бончук					
Реценз.							
Н. Контр.		Негруб					
Затверд.		Негруб			Лім. Арк. Акрушів		
					6 1		
					МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ-01-22т		

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних роботи.....	9
1.1.1 Службове призначення виробу та деталі	9
1.1.2 Аналіз технологічності деталі	9
1.1.3 Визначення типу виробництва.....	10
1.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі.....	11
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	13
2.1 Проектування технологічного процесу.....	13
2.1.1 Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки.....	13
2.1.2 Вибір методів обробки.....	14
2.1.5 Вибір технологічного устаткування	16
2.1.6 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки	17
2.1.7 Вибір пристосувань і допоміжних інструментів.....	21
2.1.8 Вибір ріжучих та допоміжного інструментів	21
2.1.9 Вибір засобів технічного контролю	22
2.1.10 Проектування технологічного процесу обробки деталі	23
2.1.11 Визначення режимів обробки	23
2.1.12 Нормування операцій.....	25
2.1.13 Проектування технічних налагодок	26
2.2 Розрахунок верстатного пристрою	27
2.2.1 Аналіз вихідних даних	27
2.2.2 Визначення можливості виконання виробничої програми	27
2.2.3 Силовий розрахунок пристосування	28
2.2.4 Оцінка точності пристосування	31
2.3 Розробка вихідних даних для проектування дільниці механічного цеху	33
2.3.1 Аналіз вихідних даних для проектування дільниці	33
2.3.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання ділянки.....	34
2.3.3 Розрахунок кількості робітників ділянки цеху.....	36
2.3.4 Розрахунок виробничої площі цеху.....	37
2.3.5 Розрахунок технологічної собівартості продукції	38
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	42
3.1 Загальна характеристика умов праці.....	42
3.2 Техніка безпеки та пожежна профілактика	44
3.3 Захист навколишнього середовища.....	47
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49
Додаток А – Керуюча програма обробки складена у програмі FEATURECAM	52
Додаток Б – Специфікація складального креслення верстатного пристрою	56
Додаток В – Специфікація технологічного обладнання дільниці механічного цеху	57

					6.131.221570.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Зміст		
Розроб.		Костюков					
Перевір.		Бончук					
Реценз.							
Н. Контр.		Негруб					
Затверд.		Негруб					
					Лім.	Арк.	Акрушів
						7	1
					МОНУ, УДУНТ		
					Каф. ТМ, гр. ІМ-01-22т		

ВСТУП

Електродвигуни, як правило, розраховані на термін служби 15...20 років без капітального ремонту за умови правильної їх експлуатації. Під правильною експлуатацією розуміється робота відповідно до номінальних параметрів, зазначених в паспортних даних електродвигуна. Однак на практиці має місце значне відхилення від номінальних режимів експлуатації. Це, передусім, низька якість напруги живлення й порушення правил технічної експлуатації, технологічні перевантаження, несприятливі умови навколишнього середовища (підвищені вологість, температура), зниження опору ізоляції, порушення охолодження.

Наслідком таких відхилень є аварійні режими роботи електродвигунів. У окремих підгалузях промисловості аварійність електродвигунів коливається від 20 до 50% на рік. Вихід з ладу електродвигуна призводить до тяжких аварій і значних матеріальних збитків через простой обладнання, затрати на ремонт і усунення наслідків аварій. Ремонт електричної машини обходиться достатньо дорого. Крім цього, робота на аварійних режимах призводить до підвищеного енергоспоживання та збільшення споживаної реактивної потужності.

Метою випускної роботи бакалавра є видача вихідних даних для проектування дільниці механічного цеху по виробництву деталей електродвигунів. Даною роботою передбачається розробка технологічного процесу виготовлення валу електродвигуна, який є однією з відповідальних деталей складального вузла, тому від якості його виготовлення залежить довговічність і робота вузла, що забезпечує задану якість, експлуатаційні показники працездатності, надійності і довговічності виробу в цілому.

					6.131.221570.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Костюков			Вступ	Лім.	Арк.
Перевір.		Бончук					Акрушів
Реценз.						8	1
Н. Контр.		Негруб				МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ-01-22т	
Затверд.		Негруб					

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних роботи

1.1.1 Службове призначення виробу та деталі

Електродвигун постійного струму МПБ-0,3 призначений для приводу паливопідкачуючих насосів центробіжного типу, насосних станцій, гідравлічних насосів. Деталь «Вал» використовується для передачі крутного моменту від двигуна до насосу.

1.1.2 Аналіз технологічності деталі

Деталь – вал виготовляється зі сталі 20Х13-Ш ГОСТ5632-72 яка переважно застосовується як корозійностійка, а також застосовується як жароміцна. Матеріал обробляється стандартними інструментами. Обробка матеріалу не викликає особливих труднощів, а дефіцитність матеріалу не висока. Замінники цієї сталі – сталі 12Х13, 14Х17Н2 та інші матеріали, аналогічні за хімічним складом і механічними властивостями.

Вид заготовки – прокат круглого перетину. Всі поверхні доступні для механічної обробки. Наявність великої кількості поверхонь з різними діаметрами і накаткою двох поверхонь збільшують трудомісткість виготовлення. Всі поверхні піддаються механічній обробці. Пруток є найбільш доцільною заготовкою, як за вартістю виготовлення, так і за кількістю відходів.

Деталь виготовляється досить точною з великим набором обмежень: допуски розташування поверхонь і допуски форми. На підставі конструкторської бази (шийки під підшипники) призначається допуск радіального биття і торцевого биття в межах $T = 0,05$ мм. На решту поверхні відхилення форми і взаємного розташування поверхонь, що знаходяться в межах допуску на виконані розміри. Для розглянутої деталі переважаюча більшість поверхонь є простими.

Шпонкові канавки розташовані по різні сторони деталі, що збільшує допоміжний час на переустанови. Передбачена канавка для виходу різця при обробці різьблення М12х1-6е і М8х1-6е, що покращує умови роботи інструменту і якості різьблення. Уніфікованим елементом є наявність фасок з кутом 45° , що дозволяє обробляти деталь стандартним ріжучим інструментом.

					6.131.221570.ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Костюков			Аналітична частина			Лім.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Бончук								9	1
Реценз.								МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ-01-22т			
Н. Контр.		Негруб									
Затверд.		Негруб									

У результаті аналізу технологічності конструкції деталі «вал», були проаналізовані недоліки і переваги. В цілому зовнішні поверхні деталі вільні для доступу різального та вимірювального інструменту. В цілому деталь технологічна.

1.1.3 Визначення типу виробництва

Для проектованої ділянки механічного цеху серійність виробництва визначати за коефіцієнтом серійності. Для цього визначається такт випуску [1]:

$$\tau := \frac{60 \cdot \Phi_d}{N}, \quad (1.1)$$

де N – річний випуск продукції деталей, $N = 800$ шт.

Φ_d – дійсний річний фонд часу, $\Phi_d = 4015$ год.

$$\tau_B = \frac{60 \cdot 4015}{800} = 301 \text{ хв.}$$

Коефіцієнт серійності визначаємо за формулою:

$$K_{\text{ср}} := \frac{\tau}{T_{\text{штср}}}, \quad (1.2)$$

де $T_{\text{штср}}$ – середній штучний час по операціях обробки деталей,

$$T_{\text{шт.ср.}} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{\text{шт.і}}}{n} \quad (1.3)$$

де $T_{\text{шт.і}}$ – штучний час i -тої операції,

n – число основних операцій технологічного процесу.

Попередньо $T_{\text{шт.ср.}}$ підраховується за заводською трудомісткістю.

$$T_{\text{шт.ср.}} = \frac{77,3}{10} = 7,73$$

Підставивши значення у формулу (1.2) одержимо

$$K_c = \frac{301}{7,73} = 38,5$$

При $K_c < 40$ – тип виробництва – дрібносерійний.

По методу виробництва дана ділянка механічного цеху буде непотоковою тобто в цьому випадку запуск у виробництво кожного виду деталей буде здійснюватися партіями. При цьому оптимальна кількість заготовок у партії для одного запуску визначається по формулі[2]:

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n := \frac{N \cdot f}{\Phi_d}, \quad (1.4)$$

де f – число днів, на яке необхідно мати запас деталей на складі, $f = 3$ дні.

Підставивши значення (формула 1.4), одержимо:

$$n = 800 \cdot 6 / 253 = 19 \text{ шт.}$$

Таким чином, величина партії деталей запускаються одночасно у виробництво становить 19 шт. деталей.

1.2 Аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі

Вивчивши базовий технологічний процес виготовлення деталі, можна встановити, що обробка поверхонь виконується у такій послідовності: попередня токарна обробка зовнішніх поверхонь, остаточна токарна обробка, після чого виконуються фрезерні та шліфувальні операції.

На токарних операціях заготовка закріплюється у трикулачковому патроні або в центрах. Під час фрезерної обробки деталь установлюється на призмах, а на шліфувальних операціях закріплюється в центрах. У базовому технологічному процесі переважно застосовуються універсальні верстати, стандартний різальний інструмент, контрольний інструмент і типові технологічне оснащення. Маршрут обробки деталі наведено в таблиці 1.1.

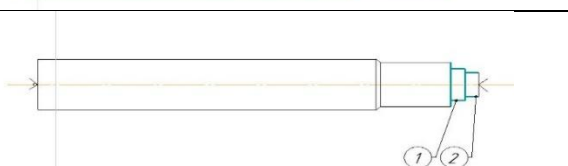
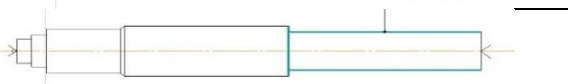
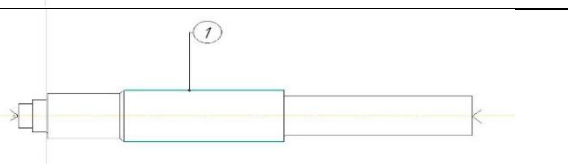
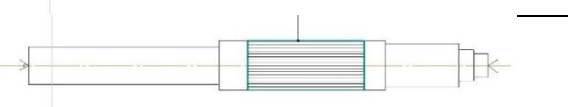
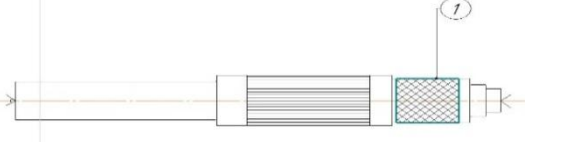
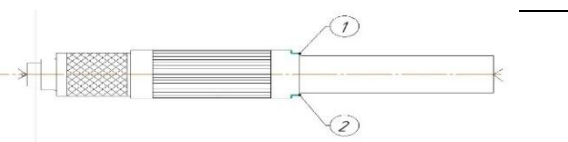
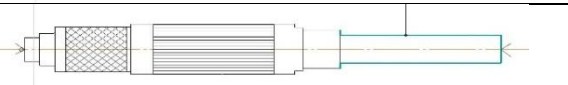
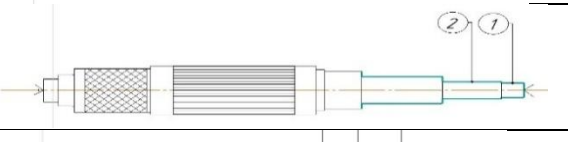
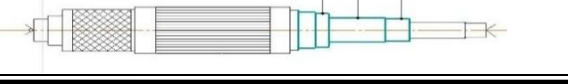
Для вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі доцільно передбачити використання більш продуктивного металорізального обладнання та сучасної технологічної оснастки. Застосування прогресивних верстатів дозволить скоротити кількість операцій, зменшити трудомісткість виготовлення деталі, підвищити точність і якість обробки.

Доцільним є також упровадження токарної операції на верстаті з числовим програмним керуванням. Розроблення управляючої програми для токарної операції дасть змогу попередньо змоделювати процес механічної обробки, перевірити траєкторії руху інструмента, оцінити режими різання та зменшити ризик виготовлення бракованих деталей. Оскільки деталь є відповідальною, необхідно також розглянути питання формоутворення накатних поверхонь із забезпеченням необхідної точності, шорсткості та експлуатаційної надійності.

Запропоновані удосконалення технологічного процесу дозволять зменшити собівартість виготовлення деталі, скоротити машинний час обробки, підвищити продуктивність праці та стабільність якості виготовлення. Поєднання окремих операцій, використання сучасних верстатних пристроїв і раціональних схем базування дасть змогу скоротити підготовчо-заклучний час, пов'язаний з установленням, закріпленням і зняттям деталі.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 – Маршрут обробки деталі

№ опер.	Найменування операції	Схема установки заготовки на кресленні	Найменування и модель устаткування
1	2	3	4
010	Термообробка		Електропіч N=20кВт
020	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
030	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
040	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
050	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
060	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
070	Шліфувальна		Круглошліфувальний 3М152МВФ2-01
080	Шліфувальна		Круглошліфувальний 3М152МВФ2-01
090	Токарна		Верстат різі накатний UPW 125
100	Токарна		Верстат різі накатний UPW 125
110	Мийна		Ванна
120	Слюсарна		Верстак слюсарний
130	Фрезерна		Фрезерний 6А75В
140	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
150	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
160	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20

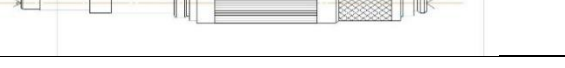
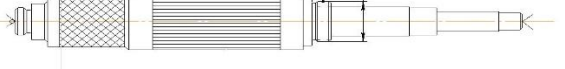
6.131.221570.ПЗ

Арк.

12

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Продовження табл.1.1

1	2	3	4
170	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
180	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
190	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
200	Слюсарна		Верстак слюсарний
210	Шліфувальна		Круглошліфувальний 3М152МВФ2-01
220	Шліфувальна		Круглошліфувальний 3М152МВФ2-01
230	Свердлильна		Вертикально – свердлиль- ний 2Н125Л
240	Шліфувальна		Круглошліфувальний 3Б12
250	Фрезерна		Вертикально-фрезерний 6Р12
260	Фрезерна		Шпонково-фрезерний 692Р-1
270	Слюсарна		Верстак слюсарний
280	Шліфування різи		Різьбошліфувальний 5822М
290	Шліфування різи		Різьбошліфувальний 5822М
300	Токарна		Токарно-гвинторізний 16K20
310	Фрезерна		Вертикально-фрезерний 6Р13
320	Слюсарна		Верстак слюсарний
330	Мийна		Ванна
340	Контрольна		Контрольний стіл

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.131.221570.ПЗ

Арк.

13

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Проектування технологічного процесу

2.1.1 Вибір та обґрунтування способу отримання заготовки

Відповідно до вимог креслення та у результаті аналізу конструкції деталі доходимо висновку, що заготовка для валу може бути отримана з прокату. Матеріал використовується неефективно. Однак застосування інших видів одержання заготовки не доцільно через малі перепади діаметрів, жорсткі конструкторські вимоги до співвісності, биттю поверхонь, а також високих вимог до точності, крім того це приведе до збільшення вартості заготовки.

Розрахуємо коефіцієнт вагової точності для прокату та проведемо економічний розрахунок, доцільності вибору двох видів прокату (гарячекатаний та калібрований)

Маса деталі $Q_d = 0,224$ кг
 Маса заготовки $Q_z = 0,457$ кг
 $K_{им1} = 0,224 / 0,457 = 0,49$

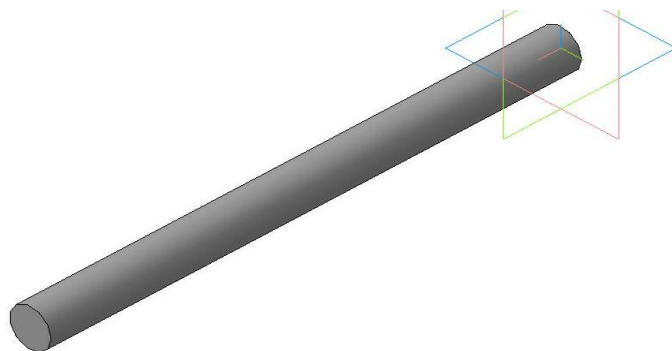


Рисунок 2. 1 – Модель заготовки з прокату

Вартість заготовки за кожним варіантом:

$$M = Q_z S_k K_T - q S_{отх}, \text{ грн.} \quad (2. 1)$$

де S_k – оптова ціна за 1 кг матеріалу, грн.;

K_T – коефіцієнт, враховуючий транспортно-заготівельні витрати,

q – маса відходів, кг;

$S_{отх}$ – ціна за 1 кг відходів, грн.

$$M_1 = 0,457 \cdot 33,8 \cdot 1,05 - 0,223 \cdot 6 = 14,89 \text{ грн.}$$

$$M_2 = 0,457 \cdot 57,5 \cdot 1,05 - 0,223 \cdot 6 = 26,23 \text{ грн.}$$

					6.131.221570.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Костюков			Основна частина	Літ.	Арк.
Перевір.		Бончук					13
Реценз.						МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ-01-22т	
Н. Контр.		Негруб					
Затверд.		Негруб					

Різниця між вибраними типами прокату [2]:

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

де M_1, M_2 – вартість заготовок, грн.

$$A = 26,25 - 14,89 = 11,36 \text{ грн.}$$

Річна економія за вартістю заготовок визначається за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{с.з.}} = A \cdot N, \text{ грн.} \quad (2.3)$$

де A – різниця між вартістю обраних заготовок, грн.

$$\mathcal{E}_{\text{с.з.}} = 800 \cdot 11,36 = 9088 \text{ грн.}$$

Повна річна економія від впровадження прогресивних заготовок з урахуванням скорочення витрат на механічну обробку визначається за формулою

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_{\text{с.з.}} + (Z_1 - Z_2) \left(1 + \frac{H}{100}\right) N, \text{ грн.} \quad (2.4)$$

де Z_1 и Z_2 – основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

H – цехові накладні витрати (приймати 200 - 300%).

Основна заробітна плата виробничих робітників за виконання однієї операції $Z_{\text{оп}}$ визначається за формулою:

$$Z_{\text{оп}} = S_M \cdot T_{\text{шт.}}, \text{ грн.} \quad (2.5)$$

де S_M – хвилинна заробітна плата для даного розряду роботи, грн.;

$T_{\text{шт.}}$ – штучний час, хв.

Хвилинна заробітна плата визначається за формулою:

$$S_M = S \cdot k, \text{ грн.}, \quad (2.6)$$

де S – годинна ставка, що залежить від розряду роботи, грн.;

k – тарифний коефіцієнт даного розряду роботи.

$$S_M = 1,48 \cdot 0,709 = 1,05 \text{ грн.}$$

Сумарна заробітна плата по всіх операціях:

$$Z = \sum_{i=1}^n S_M T_{\text{шт.}}, \text{ грн.} \quad (2.7)$$

де n – число операцій технологічного процесу.

$$Z_{\text{оп1}} = 1,05 \cdot 115,5 = 121,2 \text{ грн.}, \quad Z_{\text{оп2}} = 1,05 \cdot 112,5 = 117,8 \text{ грн.}$$

Повна річна економія від впровадження прогресивних заготовок з урахуванням скорочення витрат на механічну обробку складе:

$$\mathcal{E} = 9088 - (121,2 - 117,8) \left(1 + \frac{200}{100}\right) \cdot 800 = 14208 \text{ грн.}$$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином для деталі «вал » заготовка виготовлена з гарячекатаного прокату буде більш доцільною. Оскільки співвідношення собівартості та використання матеріалу найбільш оптимальне.

2.1.2 Вибір методів обробки

Для складання маршруту обробки встановлюємо план обробки основних поверхонь деталей (див. таблицю 2.1)

Таблиця 2.1 – План обробки основних поверхонь деталі

Поверхні деталі	Креслярські вимоги до поверхні		Параметри поверхні після обробки		
	Точність	Шорсткість	Технологічні переходи	Точність	Шорсткість,
M5-6e	M5-6e	Ra 3,2	Заготовка	h16	Ra 80
M12×1-6e	M12×1-6e	Ra 3,2	Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
M8×1-6e	M8×1-6e	Ra 3,2	Напівчистове точіння	h10	Ra 6,3
			Чистове точіння	h8	Ra 3.2
			Шліфування різі	6e	Ra 3,2
Ø12h6	Ø12 _{-0.011}	Ra 0.63	Заготовка	h16	Ra 80
Ø10h5	Ø10 _{-0.006}	Ra 0.63	Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
Ø5f9	Ø5 _{-0.01 -0.04}	Ra 0.63	Напівчистове точіння	h10	Ra 6,3
			Чистове точіння	h8	Ra 3.2
			Шліфування	h6/ h5/ f9	Ra 0.63
Ø8	Ø8 _{-0.10 -0.03}	Ra 1.25	Заготовка	h16	Ra 80
			Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
			Напівчистове точіння	h9	Ra 10
			Чистове точіння	6e	Ra 1,25
Ø14z6	Ø14 _{+0.034 +0.023}	Ra 1.25	Заготовка	h16	Ra 80
Ø16z6	Ø16 _{+0.115 +0.080}	Ra 1.25	Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
			Напівчистове точіння	h10	Ra 6,3
			Чистове точіння	h8	Ra 3.2
			Накатування	z6	Ra 1,25
Ø7,5h11	Ø7.5 _{-0.09}	Ra 3.2	Заготовка	h16	Ra 80
			Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
			Чистове точіння	h11	Ra 3.2
Ø16h8	Ø16 _{-0.035}	Ra 3.2	Заготовка	h16	Ra 80
Ø14d9	Ø14 _{-0.050 -0.093}	Ra 3.2	Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
			Напівчистове точіння	h10	Ra 6,3
			Чистове точіння	h8/ d9	Ra 3.2
Ø10b12	Ø10 _{-0.15 -0.30}	Ra 3.2	Заготовка	h16	Ra 80
Ø12b12	Ø12 _{-0.15 -0.35}	Ra 3.2	Чорнове точіння	h12	Ra 12,5
			Напівчистове точіння	h10	Ra 6,3
			Прорізка канавки	b12	Ra 3.2
Шпонкові пази		Ra 3,2	Фрезерування однократне	f9	Ra3,2
Отв. Ø1,5		Ra3,2	Свердління	H12	Ra3,2

2.1.3 Визначення технологічних баз

Для підвищення точності обробки слід прагнути до виконання принципу сталості баз і принципі суміщення баз конструкторських, технологічних і вимірювальних. В якості технологічної бази для деталі вал на першій операції в якості баз використовують необроблені поверхні Ø18 та торці. На наступних операціях як бази використовували отримані на першій операції центрові отвори і оброблені поверхні. У всіх випадках реалізується подвійна напрямна база, що позбавляє її чотирьох ступенів свободи і опорна, що позбавляє деталь однієї ступенів свободи.

2.1.4 Формування маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі вказано у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки деталі

№ п/п	Найменування операції	Зміст операції	Спосіб установки на верстаті	Технологічні бази
1	Термообробка	НВ 187...229		
2	Токарна	З перестановкою підрізати та зацентрувати торці з 2 сторін	Цанговий патрон	Поверхня Ø16, торець
3	Токарна	Точити попередньо поверхні Ø16 та Ø14 у якості баз	Центра	Центрові отв.
4	Токарна з ЧПК	З перестановкою точити контур деталі, зняти фаски, проточити канавки	Цанговий патрон	Поверхня Ø14, торець
5	Токарна	Накатування прямої накатки	Центри	Центрові отв.
6	Токарна	Накатування сітчастої накатки	Центри	Центрові отв.
7	Шліфувальна	Шліфувати поверхню Ø12	Центри	Центрові отв.
8	Шліфувальна	Шліфувати поверхню Ø10	Центри	Центрові отв.
9	Шліфувальна	Шліфувати поверхню Ø5	Центри	Центрові отв.
10	Фрезерувальна	Послідовно фрезерувати шпоноківі пази	Призми та затиски	Поверхні Ø12 та Ø10
11	Слюсарна	Нарізати різі		
12	Свердлильна	Свердлити отвір Ø1,5	Призми	Поверхні Ø12 та Ø10
13	Шліфувальна	Шліфувати поверхню М5-6е	Центри	Центрові отв.
14	Шліфувальна	Шліфувати поверхню М12×1-6е	Центри	Центрові отв.
15	Шліфувальна	Шліфувати поверхню М8×1-6е	Центри	Центрові отв.
16	Слюсарна	Виточити фаски згідно ескізу		
17	Мийна			
18	Контрольна			

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

2.1.5 Вибір технологічного устаткування

Згідно дрібносерійного типу виробництва для обробки деталі «вал» застосовується універсальне та спеціальне устаткування. При виборі технологічних баз необхідно керуватися рядом технічних вимог і рекомендацій. Відповідно до рекомендацій приймаємо наступні технологічні бази:

При розробці операційного технологічного процесу необхідно буде зробити коректування прийнятого встаткування по потужності й по оптимальних режимах різання. Універсальне обладнання яке застосовується для виготовлення валу наступне:

- Токарно–гвинторізний 16K20
- Круглошліфувальний 3M152MB
- Фрезерний 6A75B
- Вертикально-свердлильний 2H125Л
- Різьбошліфувальний 5822М

У якості сучасного оброблювального центру обрано токарний з ЧПУ HAAS, модель ST-10. Технічні характеристики наступні:

- Максимальний діаметр встановлюваної заготовки, мм:
- над станиною - 641
- над кареткою - 413
- Максимальний зовнішній діаметр оброблюваної заготовки, мм:
- з револьвером VDI - 178
- з револьвером СЕП (опція) - 356
- Максимальна довжина точіння зі гідравлічним патроном, мм – 336
- Максимальна частота обертання шпинделя, об / хв - 6000
- Максимальний крутний момент на шпинделі, Нм - 102
- Максимальна потужність на шпинделі, кВт - 11,2
- Діаметр отвору в шпинделі, мм - 59
- Максимальний діаметр оброблюваного прутка, мм - 44
- Кількість позицій в револьвері - 12шт.
- Тип різцетримачів - VDI40
- Перетин корпуса різця, мм - 25x25
- Час зміни інструменту, сек - 0,5
- Точність позиціонування супорта, мм - $\pm 0,0050$
- система ЧПУ HAAS (на базі Fanuc 16M).

Прийняте встаткування заносимо у відповідні графи маршрутної карти.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.6 Визначення припусків на обробку та розмірів заготовки

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків. Для розрахунку приймаємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 16_{-0.035}$ з шорсткістю $Ra=1,25\text{мкм}$, яка буде оброблятися на токарному верстаті.

Для отримання поверхні на токарному верстаті з вказаним допуском $T=0.035\text{мм}$ і шорсткістю $Ra = 1,25\text{ мкм}$ приймаємо наступний план обробки [8]:

1-й перехід

1.1 чорнове точіння з допуском $T1 = 0,21$ і шорсткістю $Ra = 12,5$

1.2 напівчистове точіння з допуском $T2 = 0,13$ і шорсткістю $Ra = 6,3$.

2-й перехід

2.1 чистове точіння з допуском $T3 = 0,07$ і шорсткістю $Ra = 5$

2.2 тонке точіння з допуском $T4 = 0,035$ і шорсткістю $Ra = 1,25$.

Граничні відхилення проміжних розмірів:

$es_1=es_2=es_3=es_4=0$; $ei_1=0.21$ $ei_2=0.13$ $ei_3=0.07$ $ei_4=0.035$.

Приймаємо метод отримання заготовки - прокат. Граничні відхилення заготовки: $es_{\text{заг.}} = +1\text{мм}$, $ei_{\text{заг.}} = -1\text{мм}$.

Розрахунок мінімальних припусків визначаємо за формулою [5]:

$$2Z_{i \min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2}], \quad (2.8)$$

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

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

$\Delta_{\Sigma(i-1)}$ – сумарне відхилення розташування і форми поверхні;

ε_i – похибка установки заготовки на виконуваному переході.

а). Для першого переходу токарної операції

$R_{z \text{ заг.}} = 125\text{ мкм}$, $h_{\text{заг.}} = 150\text{ мкм}$ [6]

Сумарні відхилення розташування і форми поверхні визначаємо за формулою [5]:

$$\Delta_{\Sigma \text{ заг.}} = \sqrt{\Delta k^2 + \Delta u^2}, \quad (2.9)$$

де Δk – відхилення кривизни

Δu – відхилення при центруванні

Для визначення $\Delta \Sigma_{\text{заг.}}$ знаходимо по таблиці довідника [5] $\Delta k = 1,5\text{ мкм}$ на 1 мм довжини заготовки. Довжина заготовки $l = 230\text{мм}$.

Таким чином, сумарні відхилення розташування і форми поверхні складають $\Delta_{\Sigma \text{ заг.}} = \sqrt{345^2 + 500^2} = 607\text{ мкм}$.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Погрішність установки [5]:

$$E = \sqrt{E_{\delta}^2 + E_z^2 + E_{np}^2}, \quad (2.10)$$

де E_{δ} – погрішність базування, $E_{\delta}=0$, тому що дотримується правило єдності баз;

E_z – погрішність закріплення, $E_z=0$, тому що при установці деталі в затискний пристрій (центра) забезпечується сталість зусиль затискача;

E_{np} – погрішність пристосування, що враховують величиною, що входить у погрішність закріплення, тому що виявити її самостійне значення важко, $E_{np} = 0$.

Звідси, $E = 0$.

Мінімальний припуск при чорновому точінні за формулою

$$2Z_{\min}=2(125+120+607)= 1704 \text{ мкм.}$$

б). Для другого переходу

$$R_{z1}=63 \text{ мкм. } h_1=60 \text{ мкм.}$$

Похибка розташування і форми поверхні після першої операції:

$$\Delta_{\Sigma 1} = \Delta_{\Sigma \text{заг}} \cdot K_y \quad (2.11)$$

де K_y приймаємо 0,06 [4].

$$\Delta_{\Sigma 1}=607 \cdot 0,06=37 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2\min}=2(63+60+37)= 320 \text{ мкм.}$$

в). Для третього переходу.

$$R_{z2}=32 \text{ мкм. } h_2=30 \text{ мкм.}$$

Похибка розташування і форми поверхні після другого переходу розраховується аналогічно попередньому переходу з коефіцієнтом $K_y = 0,05$

$$\Delta_{\Sigma 2}=607 \cdot 0,05 = 30 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на тонке точіння:

$$2Z_{3\min}=2(32+30+30)= 184 \text{ мкм.}$$

г). Для четвертого переходу. $R_{z2}=32 \text{ мкм. } h_2=30 \text{ мкм.}$

Похибка розташування і форми поверхні після другого переходу розраховується аналогічно попередньому переходу з коефіцієнтом $K_y = 0,04$

$$\Delta_{\Sigma 2}=607 \cdot 0,04 = 24 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на тонке точіння:

$$2Z_{4\min}=2(6,2+24)= 60,4 \text{ мкм.}$$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Розрахунок мінімальних припусків ведеться за формулою [4]:

$$2Z_{i\text{ном.}} = 2Z_{i\text{min}} + |e_{i(d(i-1))}| - |e_{idi}|, \quad (2.12)$$

Розрахунок максимальних припусків ведеться за формулою [4]:

$$2Z_{i\text{max}} = 2Z_{i\text{min}} + T_{d(i-1)} - T_{di}, \quad (2.13)$$

Всі проведені розрахунки зводимо в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Припуски і граничні розміри на поверхню Ø16_{-0.035}.

Технологічні операції (переходи) обробки	Допуски Т, мкм	Елементи припуску, мкм				Значення припусків, мкм			Розрахунковий (номін) розміри, мкм	Граничні розміри, мкм	
		Rz	h	ΔΣ	Ey	2zi _{min}	2zi _{ном}	2zi _{max}		max	min
Заготовка	2000	125	120	607	-	-	-	-	18,23	20,21	18,23
Точіння чорнове	210	63	60	37	0	1704	1704	3494	16,53	16,737	16,53
Точіння напівчисте	130	32	30	30	0	320	320	400	16,207	16,337	16,207
Точіння чистове	70	6,3		24	0	182	182	242	16,025	16,095	16,025
Точіння тонке	35				0	60	60	95	15,965	16	15,965
Загальні припуски						2266	2266	4231			

Загальний номінальний припуск, отриманий розрахунково-аналітичним методом, становить 2,3 мм.

Для зручності користування технологічною документацією при виготовленні деталі приймаємо такі значення номінальних розмірів із збереженням встановлених допусків на всіх операціях (переходах):

Для заготовки	- Ø 18,0 ^{+1,0} _{-1,0}
Після чорнового точіння	- Ø 17 _{-0,21}
Після напівчистового точіння	- Ø 16,5 _{-0,13}
Після чистового точіння	- Ø 16,1 _{-0,07}
Після тонкого точіння	- Ø 16 _{-0.035}

Проведемо розмірний аналіз технологічного процесу виготовлення валу, використовуючи послідовність і методику виконання розмірного аналізу наведеної в літературі [8].

Вичерчуємо креслення деталі й проводимо індексацію поверхонь і розмірів.

Креслення деталі в такій кількості проєкцій і таким числом розмірів, які необхідні для виконання розмірного аналізу. Всім розмірам, що беруть участь у розмірному аналізі, привласнюються літерні позначення з порядковими індексами.

					6.131.221570.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						19

Технологічні або контрольні розміри позначаються буквами, відмінними від при-
власнених конструкторським розмірам. На рисунку 2.2 виконане креслення деталі
із проставлянням конструкторських розмірів з індексом А, і технологічні розміри
– з індексом В. На підставі конструкторських і технологічних розмірів побудова-
ний граф комплексів розмірів (рисунк 2.3). За допомогою графа виявляємо ком-
плекс технологічних розмірних ланцюгів при виготовленні валу (рисунк 2.4).

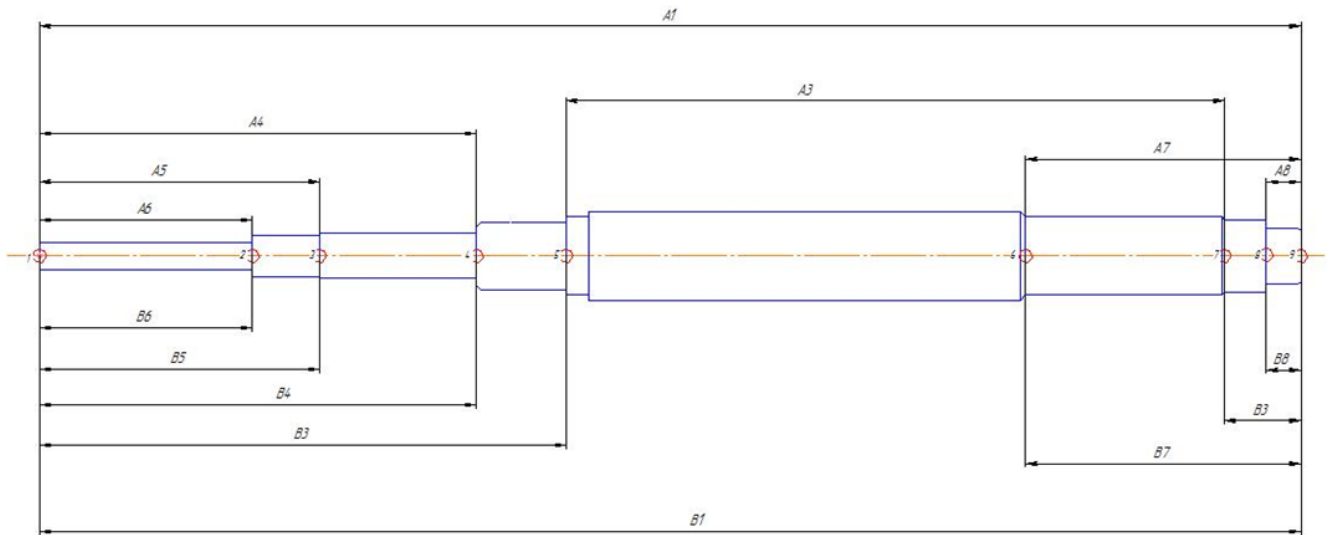


Рисунок 2. 2 – Ескіз деталі з конструкторськими й технологічними розмірами

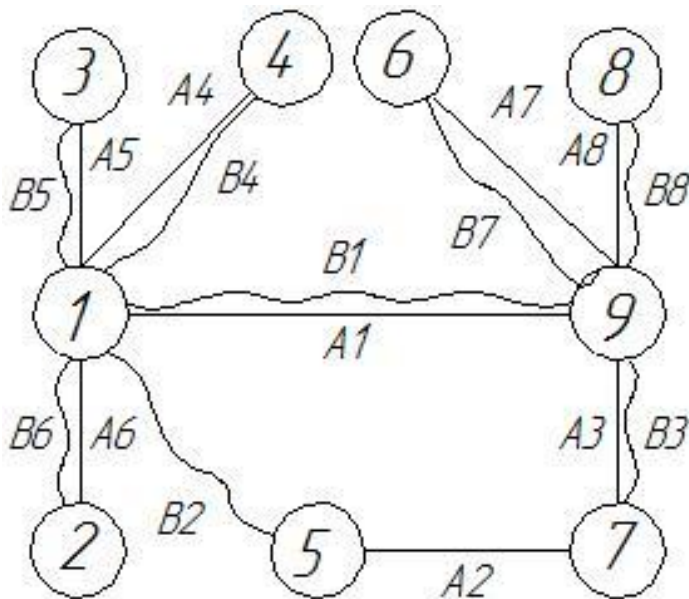


Рисунок 2. 3 – Граф комплексів розмірів
валу

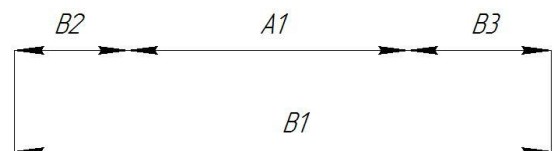


Рисунок 2. 4 – Комплекс технологіч-
них розмірних ланцюгів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.131.221570.ПЗ

Арк.

20

Розрахунок граничних відхилень по формулах [8] :

$$\begin{aligned} ESA_{\Delta} &= \sum_1^n ES\bar{A}_i - \sum_{n+1}^m EI\bar{A}_j \\ EIA_{\Delta} &= \sum_1^n EI\bar{A}_i - \sum_{n+1}^m ES\bar{A}_j \end{aligned} \quad (2.14)$$

де n - кількість ланок, що збільшують;

m - кількість всіх складових ланок.

Виконуймо розрахунок допусків необхідного розміру:

$$0 = 0 - (E_i + 0), E_i = 0$$

$$-0,22 = -0,07 - (E_s + 0,07), E_s = 0,08$$

Розрахувавши допуски за формулами 2.13 отримали розмір $86_{0}^{0,08}$ мм

2.1.7 Вибір пристосувань і допоміжних інструментів

Вибір пристосувань і допоміжних інструментів виробляється по кожній операції окремо. Пристосування повинне забезпечувати необхідну точність обробки, високу продуктивність, безпеку й економічність. При обробці деталей на токарному верстаті застосовуємо стандартний цанговий патрон та центра. Вони забезпечують надійне закріплення деталі, достатню точність положення, швидкодія при закріпленні й знятті деталі.

На токарській операції зі ЧПУ використовуємо цанговий патрон.

При шліфування використовуємо центра та хомут

При свердлінні отвору та фрезерування пазів вал встановлюється на призми

Після вибору необхідних пристосувань у відповідних графах операційних карт указуємо найменування застосованих пристроїв.

2.1.8 Вибір ріжучих та допоміжного інструментів

Вибір ріжучих і допоміжного інструментів здійснювався з урахуванням характеру виробництва, методу обробки, типу верстата, розмірів, конфігурації й матеріалу оброблюваної заготовки, необхідних якості поверхні й точності обробки.

Залежно від виду обробки в проектованому технологічному процесі застосовуємо стандартний різальний інструмент:

- для чорнової обробки торцевих поверхонь – різець токарський із матеріалом ріжучої частини Т5К10 за ДСТУ 18879-73;
- для центрування отворів - свердло центральне ДСТУ 14952-75

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- для чистової обробки циліндричних поверхонь - токарні прохідні. Різці токарні прохідні упорні із пластинами із твердого сплаву (різець PCLNR1616H09 R, пластина CN-09T3).
- для точіння канавок (різець 3G1R4H1 GYHR2525M50-M25L GYM25LC-H005);
- для накатування прямої різи – накатка пряма ДСТУ 21474-75
- для накатування сітчастої різи – накатка сітчаста ДСТУ 21474-75
- для виконання свердлильних операцій застосовуємо: свердло Ø1,5 мм Р6М5К5 ДСТУ 10903-77;
- для виконання фрезерної операції як ріжучий інструмент застосовуємо фрезу 2234-0345 ГОСТ 9140-78, фреза дискова 2554-0704 ГОСТ 2679-93
- для виконання шліфувальні операції у якості ріжучого інструменту застосовуємо шліфувальні кола за ДСТУ 2424-75, розміри яких вибираються залежно від діаметра оброблюваної поверхні.

Прийняті ріжучі й допоміжні інструменти для кожної операції зазначені в прикладеному технологічному процесі.

2.1.9 Вибір засобів технічного контролю

При проектуванні даного технологічного процесу по відношенні до засобів технологічного контролю враховуються такі правила. Оскільки основна частина операцій виконується на верстатах з програмним управлінням, то точність розмірів забезпечується технологічно, без засобів контролю, особливо це стосується длінових розмірів. Якщо без засобів технологічного контролю обійтися неможливо, застосовуються засоби активного контролю з тим, щоб виключити або скоротити до мінімуму час на технічні вимірювання. Основний використовуваний мір'яльний інструмент наступний:

- Штангенциркуль тип ШЦЦ-1 0.01 (0-150)
- Індикатор ИЧ10 кл.0 ГОСТ 577-68
- Скоба СР 25 ГОСТ 11098-75
- Калібр – шпонковий 8154-0217-5 ГОСТ 24120-80
- Калібр – пробка Ø1,5 ГОСТ 14807-69
- Кільце різьбове 6044/0110
- Кільце різьбове 8211/0056

Прийняті засоби контролю, в залежності від точності контрольованих параметрів для кожної операції, записані в технологічних картах (додаток А) із зазначенням їх найменування, вимірюваного розміру, ГОСТу або нормалі на виготовлення цих інструментів.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.1.10 Проектування технологічного процесу обробки деталі

На підставі прийнятого маршруту обробки деталі розробляємо технологічний процес (маршрутний, операційний) на кожну операцію. Розроблена керуюча програм представлена у додатку А.

2.1.11 Визначення режимів обробки

Виконаємо розрахунок режимів різання на обробку поверхні $\varnothing 16h8_{-0.035}$ мм. Технологічний процес обробки поверхні включає: чорнове гостріння, напівчистове гостріння, чистове гостріння, шліфування.

Застосовуване встаткування, різальний інструмент: токарський верстат, різець прохідної із чотиригранною пластиною з головним кутом у плані 90° і механічним кріпленням.

При чорновому точінні глибину різання приймаємо рівної припуску на чорнову обробку, тобто $t = 1,5$ мм. Величину подачі $S = 0,4$ мм/об.

Швидкість різання (м/хв) знаходимо по формулі [5]:

$$V_P = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_V, \text{ м/мин}, \quad (2.15)$$

де $T = 60$ хв стійкість різця;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об.

Значення емпіричних коефіцієнтів приймаємо по довіднику [5]: $C_V = 23,7$, $x = 0$, $y = 0,50$, $m = 0,30$.

Коефіцієнт K_V є добутком коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки $K_{mv} = 1$ стан поверхні $K_{nv} = 0,9$, матеріалу інструмента $K_{uv} = 1,4$, $K_{fv} = 0,9$

Таким чином, $K_V = 0,75 \cdot 0,9 \cdot 1,4 \cdot 0,9 = 1,134$.

$$V_P = \frac{23,7}{60^{0,3} \cdot 1,5^{0,5} \cdot 0,4^0} \cdot 1,134 = 12,44 \text{ м/мин}$$

Частота обертання шпинделя верстата, мм/про [6].

$$n_p = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ об/мин}, \quad (2.16)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

$$n_p = \frac{1000 \cdot 12,44}{\pi \cdot 18,2} = 217 \text{ об/мин}$$

По паспорті верстата приймаємо $n_{пр} = 250 \text{ об/мин}$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

По прийнятій частоті обертання робимо корекцію швидкості обертання.

$$V_{кор} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{пр}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 18,2 \cdot 250}{1000} = 14,3 \text{ м/мин} \quad (2.17)$$

Силу різання визначаємо по формулі [6]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.18)$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 14,3^0 \cdot 0,46 = 75,78 \text{ кГс}$$

Потужність різання визначають по формулі [6]:

$$N = \frac{P \cdot V}{1020 \cdot 60} \text{ кВт} \quad (2.19)$$

де P_z – сила різання, Н.

$$N = \frac{75,78 \cdot 14,3}{1020 \cdot 60} = 0,18 \text{ кВт}$$

Потужність привода верстата цілком достатня для роботи з обраними режимами різання.

При напівчистовому точінні глибину різання приймаємо рівної припуску на чистову обробку, тобто $t = 0,4$ мм. Величину подачі $S = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання (м/хв.) знаходимо аналогічно по формулі 2.16, як і при чорновій обробці. Стійкість різця $T = 60$ хв., значення емпіричних коефіцієнтів наступні [6]: $C_v = 23,7$, $x = 0$, $y = 0,50$, $m = 0,30$. Коефіцієнт $K_v = 1,134$.

$$V_p = \frac{23,7}{60^{0,3} \cdot 0,4^0 \cdot 0,1^{0,5}} \cdot 1,134 = 24,9 \text{ м/мин}$$

Частота обертання шпинделя верстата по формулі 2.14 дорівнює:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 24,9}{\pi \cdot 16,7} = 473,4 \text{ об/мин}$$

Згідно паспорта верстата приймаємо $n_p = 500$ об/хв

Значення емпіричних коефіцієнтів для розрахунку сили різання [6]:

$C_p = 204$, $x = 1$, $y = 0,75$, $n = 0$, $K_p = 0,89$.

Тоді по формулі 2.17 і формулі 2.18 сила різання й потужність:

$$P = 10 \cdot 204 \cdot 0,4^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 24,9^0 \cdot 0,89 = 19 \text{ кГс},$$

$$N = \frac{19 \cdot 24,9}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт}$$

Потужність привода верстата цілком достатня для роботи з обраними режимами різання.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При чистовому точінні глибину різання приймаємо рівної припуску на чистову обробку, тобто $t = 0,1$ мм. Величину подачі $S = 0,1$ мм/про.

Швидкість різання (м/хв) знаходимо аналогічно по формулі 2.13, як і при чорновій обробці. Стійкість різця $T = 60$ хв, значення емпіричних коефіцієнтів наступні [6]: $C_v = 23,7$, $x = 0$, $y = 0,50$, $m = 0,30$. Коефіцієнт $K_v = 1,134$ аналогічно.

$$V_p = \frac{23.7}{60^{0.3} \cdot 0,1^0 \cdot 0,1^{0.5}} \cdot 1.134 = 24.9 \text{ м/мин}$$

Частота обертання шпинделя верстата по формулі 2.14 дорівнює:

$$n_p = \frac{1000 \cdot 24.9}{\pi \cdot 16} = 495 \text{ об/мин}$$

Згідно паспорта верстата приймаємо $n_p = 500$ про/хв

Значення емпіричних коефіцієнтів для розрахунку сили різання [5]:

$$C_p = 204, x = 1, y = 0.75, n = 0, K_p = 0.89$$

Тоді по формулі 2.20 і формулі 2.21 сила різання й потужність:

$$P = 10 \cdot 204 \cdot 0,1^1 \cdot 0,1^{0.75} \cdot 24,9^0 \cdot 0.89 = 4 \text{ кГс},$$

$$N = \frac{4 \cdot 24,9}{1020 \cdot 60} = 0,02 \text{ кВт}$$

Дані режим різання може бути реалізований, тому що $N \leq N \cdot \eta$.

2.1.12 Нормування операцій

Виконаємо розрахунок норм часу на обробку поверхні $\varnothing 16h8_{-0.035}$ мм

$$T_{шт} = T_0 + T_{доп} + T_{обс} + T_{п}, \text{ хв.} \quad (2. 20)$$

T_0 – основний час

$$T_0 = T_{01} + T_{02} + T_{03} + T_{04} = 8,75 \text{ хв.}$$

$T_{01} = 1,75$ хв. – час на чорнову обробку

$T_{02} = 3,5$ хв. – час на напівчистову обробку

$T_{03} = 3.5$ хв. – час на остаточну обробку

$T_{доп}$ – допоміжний час,

$$T_{доп} = T_{доп1} + T_{доп2} + T_{доп3} = 0.55 \text{ хв.}$$

$T_{доп1} = 0.34$ хв. – допоміжний час на встановлення та закріплення деталі

$T_{доп2} = 0.11$ хв. – допоміжний час пов'язаний з переходами

$T_{доп3} = 0.1$ хв. – допоміжний час на вимірювання

$T_{обс}$ – час на обслуговування робочого місця (2,5 % від оперативного часу)

$$T_{оп} = T_0 + T_{доп} = 9,3 \text{ хв.}$$

$$T_{обс} = \left(\frac{T_{оп}}{100} \right) \cdot 2,5\% = 0.22 \text{ хв}$$

$T_{п}$ – час на особисті потреби (4% від оперативного часу)

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\text{п}} = \left(\frac{T_{\text{оп}}}{100} \right) \cdot 4\% = 0.38 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{шт}} = 8,75 + 0.55 + 0.22 + 0.38 = 9,9 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{штк}} = T_{\text{шт}} + \left(\frac{T_{\text{пз}}}{n \text{ зап.}} \right), \text{ хв.} \quad (2.21)$$

$T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час,

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}} + T_{\text{пз3}} = 18.5 \text{ хв.}$$

$T_{\text{пз1}} = 9 \text{ хв.}$ – час на налагоджування верстата

$T_{\text{пз2}} = 1.5 \text{ хв.}$ – час на додаткові прийоми

$T_{\text{пз3}} = 8 \text{ хв.}$ – час на отримання інструменту та пристосувань до початку та закінчення роботи

$$T_{\text{штк}} = 9,9 + \frac{18.5}{100} = 10,85 \text{ хв.}$$

Норми часу на виконання операцій для валу представлені у звідній відомості норм часу за операціями у таблиці 2.4

Таблиця 2.4 – Звідна відомість норм часу за операціями

Назва операції	T_o	T_v	$T_{\text{оп}}$	$T_{\text{тех}}$	$T_{\text{орг}}$	$T_{\text{отд}}$	$T_{\text{шт.к.}}$
Термообробка	-	-	-	-	-	-	-
Токарна	1,54	0,9	2,44	0,073	0,097	0,06	4
Токарна	2,93	3,5	3,48	0,15	0,2	0,15	4,27
Токарна с ПУ	8,75	0,55	9,3	0,22	0,35	0,38	10,85
Токарна	0,075	0,35	0,1	0,7	0,9	0,7	1,15
Токарна	0,08	0,45	0,115	0,24	0,38	0,40	1,2
Шліфувальна	0,3	1,55	0,22	1,35	0,38	1,40	3,8
Шліфувальна	0,3	1,55	0,22	1,35	0,38	1,40	3,8
Шліфувальна	0,3	1,55	0,22	1,35	0,38	1,40	3,8
Фрезерувальна	2,51	3,1	5,55	0,17	0,24	0,14	6,1
Слюсарна	-	-	-	-	-	-	5,55
Свердлильна	0,109	0,38	1,14	0,06	0,08	0,05	1,16
Шліфувальна	0,3	1,55	0,22	1,35	0,38	1,40	3,8
Шліфувальна	0,3	1,55	0,22	1,35	0,38	1,40	3,8
Шліфувальна	0,3	1,55	0,22	1,35	0,38	1,40	3,8
Слюсарна	-	-	-	-	-	-	5,5
Промивка	-	-	-	-	-	-	2,5
Тех. контроль	-	-	-	-	-	-	12,2

2.1.13 Проектування технічних наладок

Технологічні налагодження виконуються відповідно до вимог ЕСКД і рекомендаціями, наведеними в методичному представлені на листі графічної частини.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Розрахунок верстатного пристрою

2.2.1 Аналіз вихідних даних

Пристосування призначене для обробки паза деталі «вал» (рис 2.5).

Устаткування – верстат фрезерний 6А75В.

Ріжучий інструмент - фреза 2234-0345 ГОСТ 9140-78.

Оброблювальний матеріал – сталь 20Х13-Ш.

Виробнича програма N = 800 шт.

Штучний час на операцію $T_{шт} = 2,76$ хв.

Маса деталі 0,224 кг.

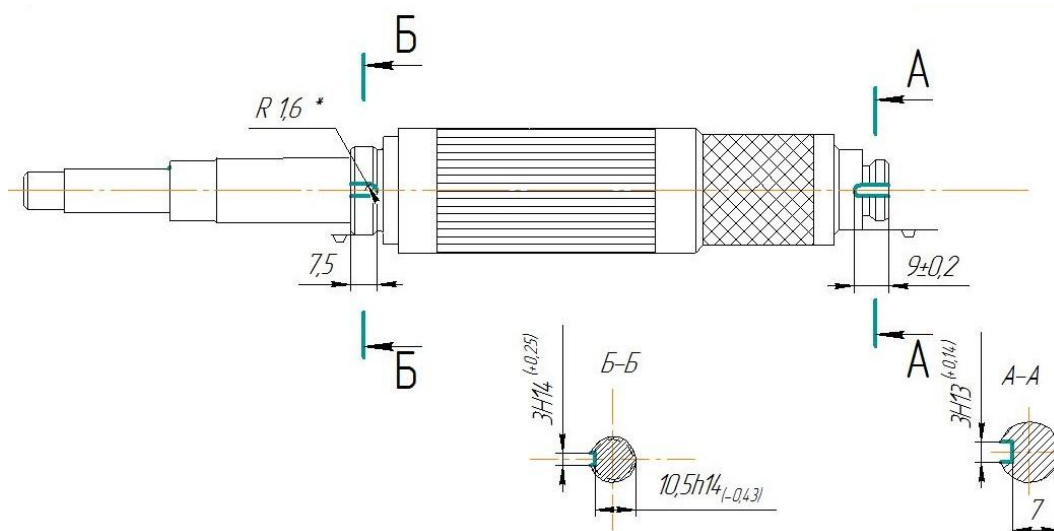


Рисунок 2. 5 – Ескіз деталі

2.2.2 Визначення можливості виконання виробничої програми

Задана виробнича програма може бути виконана із застосуванням одномісного пристосування в тому випадку, якщо витрати на даному етапі обробки не перевищують фонд часу на виготовлення однієї деталі. Т.е. штучний час повинне бути менше такту випуску деталей [14]:

$$\tau = \frac{Fd \cdot n \cdot 60}{N}, \quad (2.22)$$

де τ - такт випуску, хв.;

Fd - дійсний річний фонд часу при однозмінній роботі, година;

n - кількість робочих змін;

N - виробнича програма, шт.

Приймаємо $Fd = 2040$ ч, $n = 2$, $N = 800$.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$\tau = \frac{2040 \cdot 2 \cdot 60}{800} = 306 \text{ хв.}$$

Отже, дана програма може бути виконана із застосуванням одного одномісного пристосування. Вибір схеми базування ґрунтується на тому, що деталь належить до технологічного класу «вал».

Комплект баз деталі включає (рис 2.6): $C_{1.2.3.4} : S_y, S_z, R_y, R_z$ – подвійна направляюча база; $C_5: S_x$ – опорна база.

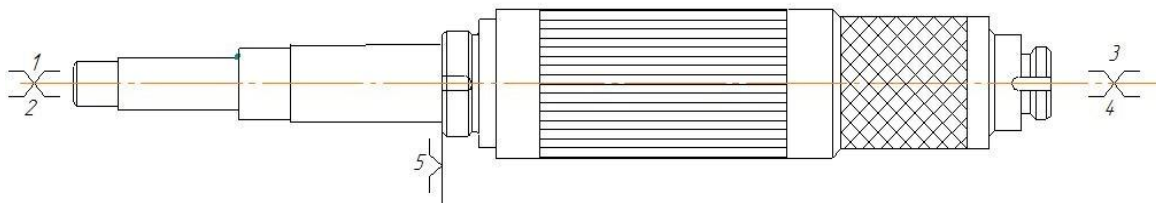


Рисунок 2. 6 – Схема базування деталі

Дану схему пропонується реалізувати за допомогою двох призм з притисками штиря.

2.2.3 Силовий розрахунок пристосування

Сила різання при фрезеруванні розраховуються за наступною формулою :

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}; \quad (2.23)$$

де $t = 1,5$ – глибина різання, мм

$S_z = 0,05$ – подача на зуб фрези, мм

$B = 3$ – ширина фрези, мм

$D = 3$ – діаметр фрези, мм

$z = 3$ – кількість зубів фрези,

$n = 80$ – частота обертання фрези, об/хв,

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

Підставивши знайдені за довідником значення складових формули, отримаємо значення сили різання в Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot 12.5 \cdot 1.5^{0.85} \cdot 0.05^{0.75} \cdot 3^1 \cdot 3^{0.98}}{3^{0.73} \cdot 80^{-0.13}} = 0.94 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Для компенсації можливих випадкових відхилень силових факторів від розрахованих значень в силовий розрахунок вводиться коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (2.24)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $K_0 = 1,5$;

K_1 - враховує стан базових поверхонь, $K_1 = 1$;

K_2 - враховує затуплення інструменту, $K_2 = 1,1$;

K_3 - враховує ударне навантаження на інструмент, $K_3 = 1,1$;

K_4 - враховує стабільність сил, що розвиваються приводом, $K_4 = 1,2$;

K_5 - враховує зручність керування затискним механізмом з ручним приводом, $K_5 = 1$;

K_6 - враховує визначеність розташування опорних точок при зміщенні заготовки моментом сил, $K_6 = 1$

$$K = 1.5 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 2,18$$

Для аналізу і вибору найбільш несприятливих ситуацій, необхідно вказати силові фактори, і визначити в якому разі деталь втратить свою нерухомість (рис.2.7).

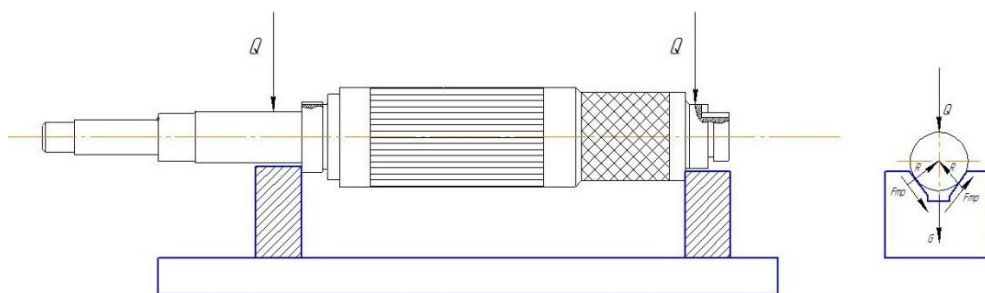


Рисунок 2. 7 – Схема сил закріплення

В процесі обробки заданої поверхні з боку ріжучого інструменту на деталь буде діяти сила різання (окружна сила $P_z = 940$ Н і вага тіла $G = 2.240$ Н). З метою забезпечення нерухомості деталі щодо пристосування в процесі обробки необхідно визначити силу закріплення Q .

При такій реалізації схеми базування можливі дві небезпечні (з точки зору втрати нерухомого стану деталлю) ситуації:

а) Зрушення деталі в призмах уздовж осі, при цьому рівняння рівноваги сил буде виглядати таким чином:

$$K \cdot P_z = 2F_{тр}'' + 4 \cdot F_{тр}'$$

$$F_{тр}'' = Q \cdot f; F_{тр}' = R \cdot f = Q/4 \cdot f \cdot \cos 45^\circ$$

$$K \cdot P_z = Q \cdot f + 4 \cdot Q/4 \cdot f \cdot \cos 45^\circ$$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f \cdot (1 + \cos 45^\circ)}; \quad (2.25)$$

де K – коефіцієнт запасу;

P_z – сила різання;

$$Q = \frac{2.18 \cdot 940}{0.16 \cdot (1 + 0.924)} = 4.422 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

б) Поворот деталі в призмах навколо осі, при цьому рівняння рівноваги буде виглядати таким чином:

$$K \cdot P_z \cdot r_1 = F_{\text{тр}}'' \cdot r_2 + 4 \cdot F_{\text{тр}}' \cdot r_1$$

$$Q = \frac{K \cdot P_z \cdot r_1}{f \cdot (r_1 + r_2 \cdot \cos 45^\circ)}; \quad (2.26)$$

де r_1 – радіус базової поверхні;

r_2 – радіус поверхні по котрій деталь закріплюється;

$$Q = \frac{2.18 \cdot 940 \cdot 190}{0.16 \cdot (190 + 0.924 \cdot 170.5)} = 6.964 \cdot 10^3 \text{ Н}$$

Для подальших проектних розрахунків вибирається найбільша за величиною сила. Для розглянутого випадку приймаємо $Q_1 = Q_2 = 6964/2 = 3482 \text{ Н}$.

У якості затискного механізму приймаємо гвинтовий механізм. Розрахунок затискного пристрою. Мета розрахунку затискного пристрою у визначенні сили тяги, яку слід додати до рукоятці ключа, щоб створити відому силу закріплення.

Сила тяги, з урахуванням втрат на тертя в гвинтовий парі у цьому разі визначається за такою формулою [13]:

$$W = \frac{1}{l} \cdot Q \cdot r_{\text{ср}} \cdot \tan(\alpha + \varphi) \quad (2.27)$$

де Q – сила закріплення;

l – довжина вильоту ключа;

$r_{\text{ср}}$ – середній радіус різьби;

$\alpha = 3^\circ 20'$ – кут підйому різьби

$\varphi = 6^\circ 40'$ – кут тертя в різьбовій парі

Для розрахунку середнього радіусу необхідно розрахувати діаметр різьби, який визначається за формулою:

$$d_r = c \cdot \sqrt{\frac{Q}{\sigma}}, \text{ см} \quad (2.28)$$

де коефіцієнт закріплення $C = 1,4$;

Q – сила закріплення;

σ_r – допустима напруга розтягування матеріалу гвинта, $\sigma_r = 8000 \text{ Н/см}^2$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_r = 1.4 \cdot \sqrt{\frac{3482}{8000}} = 0,92, \text{ см}$$

Середній радіус різи:

$$r_{\text{cp}} = 9,2, \text{ мм}$$

Довжина велету ключа:

$$l = 14 \cdot d = 14 \cdot 10 = 140, \text{ мм}$$

Величина сили, прикладеної до рукоятки ключа:

$$W = \frac{1}{l} \cdot Q \cdot r_{\text{cp}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi) = 43,8 \text{ Н}$$

Враховуючи стандартні фізичні можливості робітника (близько 50 кГс), робимо висновок про те, що запропонований спосіб закріплення можна реалізувати.

2.2.4 Оцінка точності пристосування

На даній операції необхідно забезпечити точність розміру $10.5_{-0.43}$

Проектування пристосування повинно забезпечувати необхідний рівень точності обробки, що відповідає виконанню наступної умови

$$\varepsilon \leq [\varepsilon], \quad (2.29)$$

де ε - дійсна величина погрішності пристосування

$[\varepsilon]$ – допустима величина погрішності пристосування

$$[\varepsilon] = T - k_y \cdot \varpi, \quad (2.30)$$

де T – допуск на розмір, $T=0,43$ мм;

ϖ – середня економічна точність даного виду обробки,

при фрезерування $\varpi=0,1$ мм;

k_y – коефіцієнт посилення, $k_y=0,6$

$$[\varepsilon] = 0,43 - 0,6 \cdot 0,1 = 0,37 \text{ мм}$$

Дійсна погрішність пристосування визначається по формулі [11]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_n^2} \quad (2.31)$$

де $\varepsilon_{\bar{o}}$ - погрішність базування, мкм;

ε_3 - погрішність закріплення, мкм;

ε_n - погрішність положення, мкм;

Визначення погрішності базування. Тому що заготівля встановлюється на призми те погрішність базування буде визначається по формулі [11]:

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} \right) \quad (2.32)$$

де T - допуск на діаметр заготовки, мкм, ($T = 430$ мкм);

α - кут призми, град

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot 430 \left(\frac{1}{\sin 45} \right) = 307 \text{ мкм}$$

Визначення погрішності закріплення. Погрішність закріплення визначається по формулі [11]:

$$\varepsilon_z = y_{\max} - y_{\min} \quad (2.33)$$

$$y = \left[\left(K_{Rz} \cdot R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{Q}{19,6 \cdot l} \right)^m \quad (2.34)$$

де K_{Rz} - коефіцієнт, що враховує вплив шорсткості матеріалу;

K_{HB} - коефіцієнт, що враховує вплив твердості матеріалу;

R_z - шорсткість, мкм;

HB - твердість матеріалу;

C_1 - коефіцієнт, що враховує вплив геометрії контакту;

Q - сила закріплення, Н;

l - довжина контакту, мм;

n - показник ступеня;

У нашому випадку $kR_z = 0,005$; $k_{HB} = 15$; $R_{z \min} = 40$; $R_{z \max} = 80$; $HB_{\min} = 248$,

$HB_{\max} = 293$; $C_1 = 0,261$; $Q = 3482$; $l = 40$; $n = 0,7$.

$$y_{\max} = 2,36 \text{ мкм} \quad y_{\min} = 1,24 \text{ мкм}$$

Підставляючи отримані значення у формулу (2.34) одержимо:

$$\varepsilon_z = 2,36 - 1,24 = 1,12 \text{ мкм}$$

Визначення погрішності положення

Погрішність положення визначається величиною складових:

$$e_n = \sqrt{e_y^2 + e_c^2 + e_u^2} \quad (2.35)$$

де e_y - погрішність виготовлення пристосування, мкм;

e_c - погрішність установки пристосування на верстаті, мкм;

e_u - погрішність зношування настановних елементів пристосування, мкм;

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тому що ми використаємо одномісне пристосування й експлуатуємо його на одному верстаті, то погрішність установки й погрішність виготовлення можна прийняти рівну нулю.

Погрішність, обумовлена зношуванням настановних елементів пристосування, визначається по формулі [11]:

$$e_u = \beta \sqrt{N}, \quad (2.36)$$

де β - емпіричний коефіцієнт, $\beta = 0,3$

N – річна програма, шт.; $N = 800$ шт.

Тоді $e_u = 0,3 \cdot \sqrt{800} = 8,48$ мкм

Загальна погрішність пристосування дорівнює:

$$\varepsilon = \sqrt{307^2 + 1,12^2 + 8,48^2} = 324,23 \text{ мкм}$$

Перевірка дотримання умови: $\varepsilon \leq [\varepsilon]$, $324 < 370$,

Тому що дійсна погрішність пристосування менше припустимої, те необхідна точність обробки деталі в пристосуванні забезпечується.

2.3 Розробка вихідних даних для проектування дільниці механічного цеху

2.3.1 Аналіз вихідних даних для проектування дільниці

Вихідними даними для проектування дільниці є:

1. Виробнича програма випуску деталей, рівна 800 шт.;
2. Тип виробництва – дрібносерійний;
3. Режим роботи – приймаємо 2-х змінний режим роботи;
4. Фонд часу роботи встаткування – приймаємо $\Phi_d = 4015$ годин;
5. Фонд часу роботи робітників – приймаємо 1820 год.;
6. Технологічні процеси виготовлення деталі «вал»
7. Верстатомісткість річного випуску в цеху $T_{ст} = 100000$ ст. година
8. Трудомісткість виготовлення деталі $T_{шт} = 77,08$ хв.

На основі даних визначимо трудомісткість, що припадає для виготовлення річної програми деталі, яка розглядається в роботі [2]:

$$T_{дет} = \sum N_{дет} \cdot T_{шт}^{дет} \quad (2.37)$$

де N – виробнича програма випуску деталей на дільниці в, шт;

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$T_{шт.}$ – штучно-калькуляційний час деталі.

$$T_{дет} = 800 \cdot 1,28 = 1027,7 \text{ н.ч.}$$

Верстатомісткість $T_{ст.}$ в верстато-годинах визначається по формулі [2]:

$$T_{ст. дет.} = T_{дет.} \cdot K_{м.о.}, \quad (2. 38)$$

де $K_{м.о.}$ – середній коефіцієнт багатOVERSTATного обслуговування по типу виробництва, $K_{м.о.} = 1,2$ [14].

$$T_{ст. дет.} = 1027,7 \cdot 1,2 = 1233,3 \text{ ст.ч.}$$

2.3.2 Розрахунок кількості виробничого обладнання ділянки

Загальна кількість верстатів ділянки розраховуємо по формулі [2]:

$$C_{р.общ.} = \frac{T}{\Phi_{д} \cdot K_{зсп.}} \quad (2. 39)$$

де T – верстатомісткість річного випуску в станко-годинах всіх виробів, які становлять виробничу програму ділянки;

$K_{зсп.}$ – середній коефіцієнт завантаження по ділянці;

$\Phi_{д}$ – фонд часу роботі обладнання.

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

Кількість прийнятого обладнання $C_{пр} = 30$ шт.

При обґрунтуванні виробничої програми виробничою потужністю важливо мати інформацію про рівень її використання на підприємстві. Тому для оцінки її реального стану й використання потрібна система показників.

Коефіцієнт завантаження устаткування (обладнання) характеризує ступінь використання дійсного фонду часу обладнання при заданому обсязі виробництва, тобто цей коефіцієнт значною мірою залежить від обсягу виробництва. Кількість обладнання розраховується за формулою:

$$C_p = \frac{N \times T_{шт.к}}{60 \times F_{еф} \times K_{в.н.}} \quad (2. 40)$$

де N — річна програма випуску деталей, шт.;

$F_{еф}$ - норма часу на виготовлення однієї деталі, хв.;

$T_{еф}$ - ефективний фонд часу одного верстату, н/год.;

$K_{в.н.}$ - коефіцієнт виконання норм, [$K_{в.н.} = 1.05$]

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{\text{еф}} = D_p \times T_{\text{зм}} \times K_{\text{зм}} \times \left(1 - \frac{n}{100}\right) \quad (2.41)$$

де D_p – кількість робочих днів у році, дні;

$T_{\text{зм}}$ – тривалість зміни, год. [8];

$K_{\text{зм}}$ – коефіцієнт змінності [2];

n – відсоток ремонтних робіт, % [7];

$$F_{\text{еф}} = 253 \times 8 \times 2 \times \left(1 - \frac{7\%}{100\%}\right) = 3765 \text{ год.}$$

$$C_{\text{р.ток.}} = \frac{800 \text{ шт} \times 17,2 \text{ хв}}{60 \times 3765 \times 1,05} = 0,05 \text{ год}$$

$$C_{\text{р.ток.ПК.}} = \frac{800 \text{ шт} \times 4,27 \text{ хв}}{60 \times 3765 \times 1,05} = 0,01 \text{ год}$$

$$C_{\text{р.шліф.}} = \frac{800 \text{ шт} \times 0,48 \text{ хв}}{60 \times 3765 \times 1,05} = 0,002 \text{ год}$$

$$C_{\text{р.фрез.}} = \frac{800 \text{ шт} \times 6,1 \text{ хв}}{60 \times 3765 \times 1,05} = 0,02 \text{ год}$$

$$C_{\text{р.свер.}} = \frac{800 \text{ шт} \times 1,16 \text{ хв}}{60 \times 3765 \times 1,05} = 0,003 \text{ год}$$

Для виконання виробничої програми ділянки необхідно - 30 верстатів. Моделі з цього числа призначимо укрупненим методом.

Коефіцієнт завантаження за типами верстатів визначається за формулою [2]:

$$K_z = \frac{C_{\text{р. за типом верстата}}}{C_{\text{пр.}}}, \quad (2.42)$$

Прийняте основне обладнання та коефіцієнт навантаження наведенні в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Верстати за типом обладнання

Тип обладнання	Відношення, %	Ср	Спр	Кз
Токарно-гвинторізні	25%	5,8	6	0,97
Токарні з ЧПК	10%	2,5	3	0,88
Токарно-револьверні	17 %	5,0	5	0,99
Фрезерні	13%	4,9	5	0,91
Фрезерні з ЧПК	2%	0,7	1	0,70
Розточувальні	5%	1,8	2	0,88
Свердлильні	13 %	4,3	5	0,91
Свердлильні з ЧПК	2%	0,7	1	0,70
Шліфувальні	10%	3,5	4	0,88
Різьбонарізні	1 %	0,4	1	0,35
Зубообробні	2%	0,8	1	0,70
Всього	100%.	30	34	0,81

2.3.3 Розрахунок кількості робітників ділянки цеху

Всі працівники дільниці цеху поділяються на такі категорії:

1. Виробничі робочі (верстатники, слюсарі), зайняті виготовленням виробів, які становлять виробничу програму.

2. Допоміжні робітники, які безпосередньо не беруть участі у виготовленні продукції, але які забезпечують нормальну роботу виробничих робітників (ремонтники, наладчики, транспортні робітники, комірник, контролери БТК, наладчики нового обладнання та ін.).

3. Службовці - інженерно-технічні працівники (ІТП),

4. Розрахунково-контрорський персонал (СКП), до якого відносяться бухгалтери, рахівники, діловоди, табельники, обліковці та ін.,

5. Молодший обслуговуючий персонал (МОП).

Кількість виробничих робітників (верстатників) по дільниці професіями визначається за формулою [15]:

$$P_{cm} = \frac{\Phi_d \cdot C_{np.} \cdot K_z^{за\text{ - типом верстата}}}{\Phi_p \cdot K_m}, \quad (2.43)$$

де K_m – коефіцієнт багатоверстатного обслуговування за типом обладнання, для універсальних верстатів $K_m = 1$, напівавтомати, автомати і верстати з ЧПУ $K_m = 2 \dots 3$, зубообробні верстати $K_m = 4 \dots 5$;

C_{np} – Прийнята кількість верстатів даного типу;

$K_{зср}$ – коефіцієнт завантаження верстатів відповідного типу.

$\Phi_p = 1820$ ч. – дійсний річний фонд часу роботи робочого;

Φ_d – дійсний річний фонд часу роботи верстатів даного виду.

Кількість виробничих робітників (слюсарів) приймається в процентному співвідношенні - 5% від кількості верстатників.

Кількість допоміжних робітників становить 20% від основної кількості виробничих робітників.

Чисельність ІТП становить 7% від кількості всіх робочих ділянки цеху.

Оскільки в технологічних процесах використовуються верстати з ЧПК, то кількість ІТП для їх обслуговування приймається з розрахунку 25% від загального числа верстатів з ЧПУ, які входять до складу всіх ІТП.

$$P_{itr} = 0,25 \cdot C_{чпк} = 0,25 \cdot 5 = 1,25 \quad P_{пр\ итр} = 2 \text{ чол.}$$

Кількість контролерів БТК 10% приймаємо від кількості ІТП, які входять в число додаткових робочих. $P_{кон} = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \quad P_{пр} = 1 \text{ чол.}$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Чисельність СКП, становить 5% від загального числа робочих ділянки.
 Чисельність МОП становить 3% від загального числа робочих ділянки
 Всі отримані дані зводимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Відомість робітників дільниці

Професія	Кількість прийнятого обладнання Спр, шт.	Річний фонд часу обладнання Фд, ст.ч	Кеф. багатостатистатистичного обслуговування Км	Розрах. число роб. Ррас, чол.	Прийняте число роб. Рпр, чол.	В 1-шу зміну	В 2-гу зміну
Токар-універсал	15	4060	1,00	31,58	32	22	10
Токар-наладчик з ЧПК	5	3890	3,00	2,92	3	2	1
Фрезерувальник	7	4015	1,00	13,24	14	9	5
Свердлувальник	2	4015	1,00	3,01	3	2	1
Шліфувальник	1	4015	1,00	1,81	2	1	1
Всього	32	-	-	52,56	54	36	18
Слюсарі				2,63	3	2	1
Загальна кіль-ть основних робітників					57	38	19
Кіль-ть допоміжних робітників				11,4	12	10	2
Загальна кі-сть основних та допоміжних робітників					69	48	21
ІТР				4,83	5	3	2
СКП				3,45	4	3	1
МОП				2,07	2	1	1
Загальна кіль-ть робітників ділянки					80	55	25

2.3.4 Розрахунок виробничої площі цеху

Площа ділянки цеху за своїм призначенням є виробничою площею цеху. При визначенні виробничої площі ділянки цеху використовуємо укрупнений метод.

Виробнича площа ділянки цеху дорівнює:

$$S_{пр.дільн} = C_{пр.обш} \cdot s \quad (2.44)$$

де $s = 35 \text{ м}^2$ – питома виробнича площа на один верстат, м^2 .

$$S_{пр.мал1} = 34 \cdot 30 = 1020 \text{ м}^2$$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3.5 Розрахунок технологічної собівартості продукції

Технологічна собівартість визначається по формулі [2]:

$$C = M + Z + Z_n + Q_a + Q_p + П + U_p + U_M + Э_{об} + A_{пл} + M_{всп}, \quad (2.45)$$

де M – вартість заготовки з урахуванням реалізованих відходів;

Z – заробітна плата виробничих робітників з урахуванням витрат по соціальному страхуванню і на додаткову заробітну плату;

Z_n – заробітна плата наладчика в серійному виробництві;

Q_a – витрати на амортизацію обладнання;

Q_p – витрати на ремонт устаткування;

$П$ – витрати на експлуатацію та амортизацію спеціальних пристосувань;

U_p – витрати на амортизацію і ремонт ріжучого інструменту;

U_M – витрати на експлуатацію та амортизацію вимірювального інструменту;

$Э$ – витрати на силову електроенергію, повітря і технічну воду;

$A_{пл}$ – витрати на утримання виробничих приміщень;

$M_{всп}$ – витрати на допоміжні матеріали.

Витрати на основні матеріали. Витрати на основні матеріали [1]:

$$M = Q_3 S_k K_T - q S_{отх}, \text{ грн.}, \quad (2.46)$$

де S_k – оптова ціна за 1 кг заготовки по прейскуранту, грн;

K_T – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати;

q – маса реалізованих відходів, кг;

$S_{отх}$ – ціна за 1 кг відходів, грн.

Розрахунок витрат на основні матеріали проведений у пункті 2.1.1 на основу якого обрано найбільш доцільний спосіб отримання заготівлі та її вартість розрахована.

Витрати на заробітну плату. Основна заробітна плата містить витрати на оплату праці робітників, безпосередньо зайнятих на виготовлення продукції. Вона розраховується згідно з нормами витрат часу на виконання технологічних операцій і тарифними ставками.

Основна заробітна плата верстатника визначається [16]:

$$Z_o = O_o \cdot T_{шк}, \text{ грн.}, \quad (2.47)$$

де O_o – основна зарплата верстатника за 1 хв., грн.

$T_{шк}$ – трудомісткість виготовлення, хв.

Розрахунок основної заробітної плати зведено в таблиці 2.7 і 2.8.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У додаткову заробітну плату виробничих робітників відносяться виплати, передбачені договорами і контрактами, які складають 8% -12% від основної заробітної плати.

У додаткову заробітну плату виробничих робітників ставляться виплати, передбачені договорами й контрактами, які становлять 8%-12% від основної заробітної плати.

$$З_{\text{доп}} = З_{\text{ос}} \cdot 0,1 \quad (2.48)$$

Відрахування від заробітної плати виробничих робітників визначаємо відповідно до встановленої норми 22% до витрат на заробітну плату виробничих робітників (основну й додаткову). Вони включають відрахування в пенсійний фонд, на соціальне страхування, на соціальне страхування від нещасного випадку й до фонду зайнятості.

$$Н_3 = (З_{\text{ос}} + З_{\text{доп}}) \cdot 0,22 \quad (2.49)$$

Основна зарплата наладчика з розрахунку обслуговування 4-х верстатів:

$$З_{\text{н}} = 0,25 \cdot О_{\text{н}} \cdot Т_{\text{шк}}, \text{ грн}, \quad (2.50)$$

де O_n – основна зарплата наладчика за 1 хв., грн. Розрахунки загальної заробітної плати зведено в таблицю 2.7.

Таблиця 2. 7 – Розрахунок зарплати

Найменування операцій	$T_{\text{шт.-к. хв}}$	$T_{\text{шт.-к. ч}}$	Розряд	Тариф, грн./ч	Розцінка, грн.
Токарна	4,00	0,07	4	66,93	4,46
Токарна	10,85	0,18	4	66,93	12,10
Токарна с ПУ	4,27	0,07	4	66,93	4,76
Токарна	1,15	0,02	4	66,93	1,28
Токарна	1,20	0,02	4	66,93	1,34
Шліфувальна	3,80	0,06	4	66,93	4,24
Шліфувальна	3,80	0,06	4	66,93	4,24
Шліфувальна	3,80	0,06	4	66,93	4,24
Фрезерувальна	6,10	0,10	4	66,93	6,80
Слюсарна	5,55	0,09	3	52,00	4,81
Свердлильна	1,16	0,02	4	66,93	1,29
Шліфувальна	3,80	0,06	4	66,93	4,24
Шліфувальна	3,80	0,06	4	66,93	4,24
Шліфувальна	3,80	0,06	4	66,93	4,24
Слюсарна	5,50	0,09	3	52,00	4,77
Промивка	2,50	0,04	3	52,00	2,17
Тех. контроль	12,20	0,20	3	52,00	10,57
Загальна	77,28	1,29			79,80

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Розрахунок загальної заробітної плати зведений в таблицю 2.8

Таблиця 2. 8 – Розрахунок заробітної платні

Показник	Значення, грн.
Основна зарплата	79,80
Допоміжна зарплата	6,38
Обов'язкові відрахування	18,96
зарплата (основна и допоміжна) з відрахуванням (3)	105,14
зарплата наладчика (З _н)	16,74

Витрати на амортизацію обладнання на продукцію, що виготовляється деталь визначаються за формулою [1]:

$$Q_a = \frac{Q_{ст}}{60F_{\phi}\eta_3} T_{шт-к}, \quad (2.51)$$

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

$$Q_{ст} = K_{об}/n,$$

де n – норма амортизації основних фондів (для обладнання n = 5 лет)

K_{об} – вартість устаткування з обліком пусконаладжувальних робіт

K_{об} = 1,32 · Ц_{об} (Ц_{об} – вартість обладнання)

Ф_д – річний фонд роботи обладнання;

η₃ – коефіцієнт загрузки обладнання за часом

Витрати на ремонт і експлуатацію устаткування. Аналогічно визначають витрати на ремонт і утримання верстата з розрахунку 10 % від вартості обладнання на рік.

$$Q_p = \frac{K_{об} \cdot 0.1}{60F_{\phi}\eta_3} T_{шт-к}, \quad (2.52)$$

Витрати на експлуатацію та амортизацію спеціальних пристосувань визначаються за формулою.

$$\Pi = \frac{(a_1 + a_2) \cdot S_{пр}}{100 \cdot N_{год}}, \quad (2.53)$$

де a₁ річні відрахування на амортизацію пристосування (25 %)

a₂ - витрати на ремонт (10%)

S_{пр} - вартість пристосування (пункт 2.2.5);

N_{год} – кількість деталей, оброблюваних на рік.

Витрати на експлуатацію та амортизацію ріжучих інструментів при повному використанні визначають за формулою:

$$U_p = \sum_1^k \frac{S_{р.и.} + mS_{пер}}{T_{мин}(1+m)} T_o, \quad (2.54)$$

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $S_{р.и.}$ - первісна ціна ріжучого інструменту ;
 m - число переточувань до повного зносу ;
 $S_{пер}$ - вартість однієї переточки ;
 $K_{мин}$ - стійкість інструменту між двома переточуваннями (хв) ;
 T_o - основний (машинне) час ;
 $до$ - число інструментів на операції .

Витрати на електроенергію розраховуються за формулою:

$$\Xi = N_{\vartheta} \cdot K_n \cdot \eta_N \cdot \eta_{to} \cdot t_n (1/\eta_{\partial\partial}) \cdot C_{\vartheta} \quad (2.55)$$

де N_{ϑ} – потужність двигунів, кВт;
 K_n – коефіцієнт втрат в мережі ($K_n \sim 1.1$);
 η_N – коефіцієнт завантаження силової установки за потужністю (0,5);
 η_{to} – коефіцієнт використання силової установки за часом ($\eta_{to} \approx 0,7$);
 t_n – норма часу, на виконання даної операції, час;
 $\eta_{\partial\partial}$ – к. п. д. двигунів ($\eta_{\partial\partial} \approx 0,88$);
 $C_{\vartheta} = 8$ – собівартість 1 кВтч електроенергії, грн.;

У даній роботі при розрахунках собівартості варіантів технологічних процесів витрати на амортизацію і ремонт ріжучого і вимірювального інструмента, на утримання виробничих приміщень, на допоміжні матеріали змінюються незначно, тому при розрахунках ці показники можна не враховувати.

На підставі розрахунків складаємо таблицю 2.9 собівартості продукції , в якій представляємо розрахунок собівартості одиниці продукції

Таблиця 2.9 – Собівартість одиниці продукції

№ п/п	Стаття калькуляції	Проектний варіант
1	Вартість заготовки з урахуванням реалізацій відходів	14,89
2	Заробітна плата виробничих робітників з урахуванням витрат по соціальному страхуванню і на додаткову заробітну плату	105,14
3	Заробітна плата наладчика в серійному виробництві	16,74
4	Витрати на амортизацію обладнання	168,87
5	Витрати на ремонт обладнання	91,93
6	Витрати на експлуатацію та амортизацію спец. пристосувань	1,40
7	Витрати на амортизацію і ремонт ріжучого інструменту	-
8	Витрати на експлуатацію та амортизацію вимірювального інструмента	-
9	Витрати на силову електроенергію	71,15
10	Витрати на допоміжні матеріали	-
11	Загальна собівартість деталі	470,13

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Тема випускної роботи передбачає розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «вал» електродвигуна у дрібносерійному виробництві та проектування механічної дільниці цеху.

Відповідно до рекомендацій розділ містить загальну характеристику умов праці, питання техніки безпеки та пожежної профілактики, а також заходи щодо захисту навколишнього середовища [14]. Тому в цьому розділі розглянуто умови праці на механічній дільниці, небезпечні й шкідливі виробничі чинники, заходи безпеки під час виготовлення валу та вплив технологічного процесу на довкілля.

Дане виробництво характеризується безперервністю і періодичністю технологічних виробничих операцій, роботи машин, механізмів і устаткування. У цих умовах небезпечні і шкідливі виробничі фактори є тоді, коли рухаються й обертаються частини верстатів, різних механізмів і устаткування, виникають теплові випромінювання, шум, вібрація, запиленість.

Закон України «Про охорону праці» визначає обов'язок роботодавця створювати безпечні й нешкідливі умови праці, організовувати навчання та контроль за дотриманням вимог охорони праці [15]. Для проєктованої дільниці це означає необхідність технічно справного обладнання, огороження небезпечних зон, забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, проведення інструктажів і підтримання нормативних санітарно-гігієнічних умов.

3.1 Загальна характеристика умов праці

Проектована механічна дільниця розміщується на першому поверсі виробничої будівлі машинобудівного підприємства. Дільниця призначена для механічної обробки валів у дрібносерійному виробництві. У складі дільниці передбачено робочі місця токарів, фрезерувальників, свердлувальників, шліфувальників, слюсарів, контролерів та допоміжного персоналу. Основне обладнання: токарно-гвинторізні верстати, токарні верстати з ЧПК, фрезерні та фрезерні верстати з ЧПК, свердлильні, шліфувальні, різьбонарізні й допоміжні верстати.

Виробнича площа дільниці, розрахована укрупненим методом, становить приблизно 1050 м². За санітарною класифікацією машинобудівне підприємство приймається як виробництво IV класу безпеки; нормативний розмір санітарно-захисної зони для нього становить 100 м [16].

					6.131.221570.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Костюков			Охорона праці та захист навколишнього середовища	Літ.	Арк.	Акрушів	
Перевір.		Бончук					42	1	
Реценз.		Романько				МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ01-22т			
Н. Контр.		Негруб							
Затверд.		Негруб							

Роботи на дільниці належать до категорії Па за енерговитратами, оскільки виготовлювана деталь має масу 0,3 кг, тобто менше 1 кг. Нормативні параметри мікроклімату для категорії робіт Па наведені в таблиці 3.1 згідно з ДСН 3.3.6.042-99 [17].

Таблиця 3.1 – Нормативні параметри мікроклімату для робіт категорії Па

Період року	Категорія робіт	Оптимальна температура, °С	Допустима температура, °С	Оптимальна відносна вологість, %	Допустима відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодний	Середньої важкості Па	18–20	17–23 на постійних робочих місцях	40–60	до 75	до 0,3
Теплий	Середньої важкості Па	21–23	18–27 на постійних робочих місцях	40–60	до 65	0,2–0,4

Санітарно-побутові приміщення — гардеробні, душові, умивальні, убиральні, місця питного водопостачання та приміщення для зберігання спецодягу — повинні відповідати вимогам ДБН В.2.2-28:2010 [18].

Опалення виробничого приміщення приймається централізованим від заводської котельні; вентиляція — природна та припливно-витяжна механічна. Таке рішення приймається з урахуванням вимог ДБН В.2.5-67:2013 щодо систем опалення, вентиляції та кондиціювання [19]. Для робочих місць токарної, фрезерної, свердлильної й шліфувальної обробки передбачаються місцеві відсмоктувачі або укриття зон утворення пилу та аерозолів мастильно-охолоджувальних технологічних середовищ.

На проектованій ділянці цеху існують наступні шкідливі та небезпечні фактори для людини та навколишнього середовища: аерозолі мастил (джерелом є СОЖ); абразивний пил; незахищені частини машин і механізмів, що обертаються та рухаються; шум; підвищені рівні вібрації, електричного поля, електромагнітних випромінювань.

Під час виготовлення валу можливе утворення металевої стружки, абразивного пилу, аерозолів мастильно-охолоджувальної рідини та парів мийних засобів. Джерелами цих чинників є токарна і фрезерна обробка, свердління, різьбонарізання, шліфування та промивання деталей. Для абразивного пилу і аерозолів мастил необхідно забезпечити концентрації в повітрі робочої зони не вище гранично допустимих значень, установлених гігієнічними регламентами [20].

Основними фізичними чинниками на дільниці є шум від роботи металорізальних верстатів, привідних механізмів і систем охолодження; вібрація під час різання та шліфування; недостатня або нерівномірна освітленість; небезпека трав-

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мування рухомими й обертовими частинами обладнання, інструментом, стружкою та абразивним кругом. Допустимі рівні шуму для постійних робочих місць у виробничих приміщеннях визначаються ДСН 3.3.6.037-99 [21] (таб.3.2).

Таблиця 3. 2 –Допустимі рівні шуму

Вид трудової діяльності, робочі місця	Рівні звукового тиску, дБ, в складових полосах з середньгеометричними частотами, Гц								
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в виробничих приміщеннях і на території підприємств	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Гігієнічні норми вібрації, що впливає на людину у виробничих умовах при частотному аналізі встановлені ДСН 3.3.6.039-99[22] для тривалості дії 480 хвилин (8 годин) складає 92,3-108 Дб.

Для забезпечення даної точності та шорсткості деталей робочі місця остаточної токарної і шліфувальної обробки повинні мати якісне комбіноване освітлення. Характер зорової роботи приймається як робота середньої точності: найменший розмір об'єкта розрізнення понад 0,5 до 1,0 мм, розряд IV, підрозряд «б». Нормована освітленість при комбінованому освітленні – 500лк, при загальному освітленні – 200 лк згідно з ДБН В.2.5-28:2018 [23].

3.2 Техніка безпеки та пожежна профілактика

До роботи на ділянці допускаються працівники, які пройшли медичний огляд у встановлених випадках, навчання, перевірку знань та інструктажі з охорони праці. На підприємстві проводяться вступний, первинний, повторний, позаплановий і цільовий інструктажі..

На виробничих ділянках, де розташовані робочі місця, відповідальність за безпеку праці несуть майстри. Здійснює заходи з ТБ і виробничої санітарії контролює старший інженер з техніки безпеки та профспілкові організації. Вказівки старшого інженера з техніки безпеки може скасувати лише керівник підприємства. Види інструктажів з охорони праці наступні:

Вступний інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проводиться з усіма, хто приймається на роботу особами незалежно від їх освіти, стажу роботи, а також з тимчасовими працівниками, відрядженими, учнями і студентами, які прибули на виробниче навчання або практику, з учнями в навчальних закладах перед початком лабораторних і практичних робіт у навчальних лабораторіях, майстернях, на ділянках і полігонах.

Первинний інструктаж - інструктаж з ОП, який проводиться на робочому місці до початку виробничої діяльності з усіма знову прийнятими в організацію;

					6.131.221570.ПЗ				Арк.
									44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

переведеними з іншого підрозділу організації; працівниками перед виконанням нової для них роботи. Безпосередній керівник робіт проводить інструктаж з кожним працівником індивідуально.

Повторний інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проходять усі працівники, за винятком осіб, звільнених від первинного інструктажу, незалежно від їх кваліфікації, стажу роботи і освіти не рідше 1 разу на півріччя за програмою первинного інструктажу на робочому місці в повному обсязі.

Цільовий інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проводять при виконанні разових робіт, не пов'язаних з прямими обов'язками за фахом; при виконанні робіт, на які оформлюються наряд-допуск, дозвіл та інші документи.

Позаплановий інструктаж - інструктаж з охорони праці, який проводять при введенні в дію нових або перероблених стандартів, правил з охорони праці та інструкцій з охорони праці; зміни технологічний процес, заміна обладнання, пристосування і інструмент, сировину, матеріали та інші фактори; порушення працівниками вимог охорони праці, що може призвести до виробничої травми, отруєння, аварії, вибуху, пожежі.

Електробезпека забезпечується справністю ізоляції, захисним заземленням металевих корпусів обладнання, наявністю апаратів захисту від короткого замикання і перевантаження, блокуванням дверцят електрошаф, заборонаю самовільного ремонту електрообладнання неелектротехнічним персоналом. Приміщення механічної дільниці доцільно віднести до приміщень з підвищеною небезпекою ураження електричним струмом через наявність металевої підлоги, обладнання з електроприводами та підвищеної вологості в зонах використання СОЖ [24].

Виробничий процес в цеху за вибуховою і вибухопожежною небезпекою відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [25], відноситься до категорії "Д", так як в ході виробничого процесу обробці піддаються негорючі матеріали в холодному стані. Будівлю цеху побудовано з негорючих матеріалів (металоконструкцій, цегли, залізобетону, скла) і згідно ДБН В.1.1-7:2016 [26], вона має II ступінь вогнестійкості. З метою запобігання пожежі передбачена система оповіщення типу 1 шляхом подачі звукового і світлового сигналів для всіх одночасно, і передбачені евакуаційні вихід з цокольного поверху - назовні безпосередньо, через сходову клітку, що має вихід назовні безпосередньо або ізольований від вище розташованих поверхів.

Пожежі на ділянці можуть виникнути в результаті:

Загоряння електрообладнання при перевантаженнях і короткому замиканні (клас пожежі - Е);

Загоряння пально-мастильних матеріалів при попаданні на них іскор електричного або механічного походження, дії тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню (клас пожежі - В);

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Самозаймання промасленого дрантя (клас пожежі - А).

Для зменшення небезпеки виникнення та поширення пожеж важливу роль відіграє раціональне пристрій підприємства з точки зору необхідності забезпечення міцності і стійкості будівель і споруд, як у нормальних умовах, так і в умовах пожежі.

Розміщення будівель на території підприємства і їх внутрішнє планування проводять таким чином, щоб обмежити поширення пожеж у разі виникнення й забезпечити успішне гасіння.

Для попередження небезпеки перенесення пожежі на сусідні об'єкти між будівлями передбачаються протипожежні розриви, величина яких залежить від ступеня вогнестійкості будівель. В даному випадку розрив між будівлями II ступеня вогнестійкості складає 9м.

Всередині будівлі небезпека поширення пожеж обмежується пристроєм протипожежних перешкод (протипожежні стіни, перекриття, двері, люки, ворота тощо).

Ймовірність ураження блискавкою будівель зменшена застосуванням системи блискавки захисту II категорії, виконаної згідно з ДСТУ EN 62305-3:2021 [27].

Для гасіння пожеж водою використовується пожежний водопровід, об'єднаний з виробничими. За його мережі в приміщенні цеху встановлені пожежні крани з рукавами і відводами. Зовні будівлі по периметру в підземних колодязях розміщені по - пожежної гідранти. Для доступу на дах будівлі використовуються пожежні сходи, укріплені на стінах. Для гасіння можливих пожеж передбачені первинні засоби пожежогасіння, які визначені на підставі НАПБ А.01.001-2014 [28].

Для приміщень категорій А, Б, а також В із наявністю горючих газів і рідин, за граничної захищеної площі понад 500 до 1000 м² включно та класу можливої пожежі А, В, С, (Е), мінімальна кількість порошкових вогнегасників визначається залежно від маси заряду вогнегасної речовини. Для переносних вогнегасників із зарядом 5, 6, 8, 9 і 12 кг передбачено відповідно 16, 16, 12, 12 і 8 одиниць. Для пересувних вогнегасників із зарядом 20, 50, 100 і 150 кг передбачено відповідно 4, 3, 2 і 1 одиницю.

Якщо площа приміщення перевищує 1000 м², для перших 1000 м² кількість вогнегасників приймається згідно з пунктом 1.6 таблиці 1. Для кожної наступної частини площі кількість вогнегасників визначається додатково: на кожні наступні 50 м² — згідно з пунктом 1.2 таблиці 1; на кожні 150 м² — згідно з пунктом 1.3; на кожні 250 м² — згідно з пунктом 1.4; на кожні 500 м² — згідно з пунктом 1.5; на кожні 1000 м² — згідно з пунктом 1.6 таблиці 1.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

3.3 Захист навколишнього середовища

Оскільки метою випускної роботи бакалавра є розробка економічно більш вигідного, маловідходного та більш «чистого» технологічного процесу виготовлення деталі «вал» та взагалі виробництва електродвигунів. Необхідно проаналізувати технологічний процес виробництва деталі з огляду на забруднення навколишнього середовища. Аналіз представляємо у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Аналіз технологічного процесу виготовлення деталі з огляду викидів та забруднення навколишнього середовища

Вид обробки	Викиди та забруднення в навколишнє середовище	Можливі шляхи рішення проблем
Токарна обробка	Частинки металу (наприклад, залізні ошурки і стружка або обрізки від машинної обробки), відстій рідини для механічної обробки, що містить метали, і тверді відходи у вигляді кубового залишку розчинників	Використання відходів, як вторинної сировини, якщо вторинне використання або повернення в технологічний процес виявляється неможливим, то тверді відходи слід видаляти відповідно до рекомендацій щодо поводження з промисловими твердими відходами.
Фрезерна та свердлильна обробка	Відпрацьовані технічні рідини (наприклад, етиленгліколь, рідини на масляній основі, емульсії масла у воді, синтетичні емульсії) і кислоти (наприклад, хлористоводнева, сірчана, азотна), лугів і відпрацьовані розчинники	Стандартизація використовуваних типів мастил і ефективне планування технологічних процесів, які вимагають застосування органічних типів мастил; Продовження терміну служби охолоджуючі рідини за допомогою центрифуг, періодичний аналіз, біоциди та ультрафільтрація, а також видалення нафтопродуктів.
Зачистка та мийка	Розчинники, ЛОС, пари, пари кислоти і луги, що містять аміак, хлорид амонію	

Таким чином розробляючи сучасних технологічний процес виготовлення деталі із застосуванням новітніх технологій, необхідно не тільки зберегти економічну доцільність, але й слідкувати за забезпечення екологічної безпеки і охорони навколишнього середовища. Для цього необхідно впроваджувати рішення, щодо зниження та зменшення забруднень в навколишнє середовище, застосувати альтернативні екологічно-орієнтовані технології мінімізації СО₂ та можливість застосування сучасного інструменту та нешкідливих видів МОНС.

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У процесі проектування дільниці механічного цеху та розроблення технологічного процесу виготовлення валу були запропоновані заходи щодо вдосконалення базового технологічного процесу.

Удосконалення технологічного процесу виготовлення валу передбачає використання наявного на підприємстві обладнання з числовим програмним керуванням, а також упровадження сучасного токарного верстата з ЧПК НААС, прогресивного різального інструменту та технологічного оснащення.

З метою визначення оптимальних припусків на механічну обробку було виконано розмірний аналіз. Це дозволило обґрунтувати раціональні припуски на окремі операції та забезпечити необхідну точність виготовлення деталі.

Також було проведено розрахунок верстатного пристрою з ручним затиском для фрезерної операції. Згідно з отриманими результатами, запропонований верстатний пристрій повністю забезпечує надійне закріплення та нерухомість деталі під час обробки.

Відповідно до виробничої програми визначено вихідні дані для проектування дільниці механічного цеху, виконано її планування та розміщено основне й допоміжне обладнання.

У розділі з охорони праці були розглянуті основні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, які можуть виникати на механічній дільниці. Також запропоновано заходи щодо їх зниження або усунення з метою забезпечення безпечних умов праці.

Оскільки на проєктованій механічній дільниці передбачено розміщення значної кількості сучасного обладнання, можна зробити висновок про можливість подальшого розширення номенклатури продукції. Завдяки використанню верстатів з ЧПК, які мають широкі можливості перепрограмування та переналагодження, дільниця може бути ефективно використана для виготовлення невеликих партій деталей різної конфігурації.

					6.131.221570.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки та пропозиції		
Розроб.		Костюков					
Перевір.		Бончук					
Реценз.							
Н. Контр.		Негруб					
Затверд.		Негруб			Лім. Арк. Акрушів		
					48 1		
					МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ01-22т		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до виконання випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів за напрямом 6.050502 «Інженерна механіка» / Укл.: Гришин В.С., Негруб С.Л, Бончук С.В.; – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2013. – 33 с.
2. Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине “Технология машиностроения” для студентов специальности 7.090202/Сост. Гришин В.С., Мололкина О.Н. – Днепропетровск: НМетАУ - ГИПОпром, 2004. – 36 с.
3. Металообробне обладнання URL: <http://met.ua/product-category/metaloobrobni-verstaty1> (дата звернення: 29.03.2025).
4. Робоча програма, методичні вказівки і індивідуальні завдання до вивчення дисципліни ”Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин” для студентів спеціальності 7.090202 / Укл.: Лапшин С.П., Ласкін В.М. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2004. – 74 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Москва: Машиностроение, 1985. т.1. 656 с.;
6. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т. /Под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. Москва: Машиностроение, 1985. т.2. 496 с.
7. Методические указания по размерному анализу технологических процессов обработки деталей при выполнении курсовых и дипломных проектов для студентов специальности 12.01 / Днепропетровск : ДМетИ, 1989. 49 с.
8. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов /Под общ. ред. С.Н.Коркача. Москва: Машиностроение, 1988. 352 с.
9. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания на работы, выполняемые на металлорежущих станках с программным управлением. Москва: ЦБНТ, 1980. 32 с.
10. 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.
11. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Ленинград: Машиностроение, 1975. 656 с.
12. Анурьев В.И. Справочник конструктора – машиностроителя: в 3 т. Москва: Машиностроение, 1978. Т.3. 253 с.

					6.131.221570.ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Перелік посилань		
Розроб.		Костюков					
Перевір.		Бончук					
Реценз.							
Н. Контр.		Негруб					
Затверд.		Негруб					
					Літ.	Арк.	Акрушів
						49	1
					МОНУ, УДУНТ Каф. ТМ, гр. ІМ01-22т		

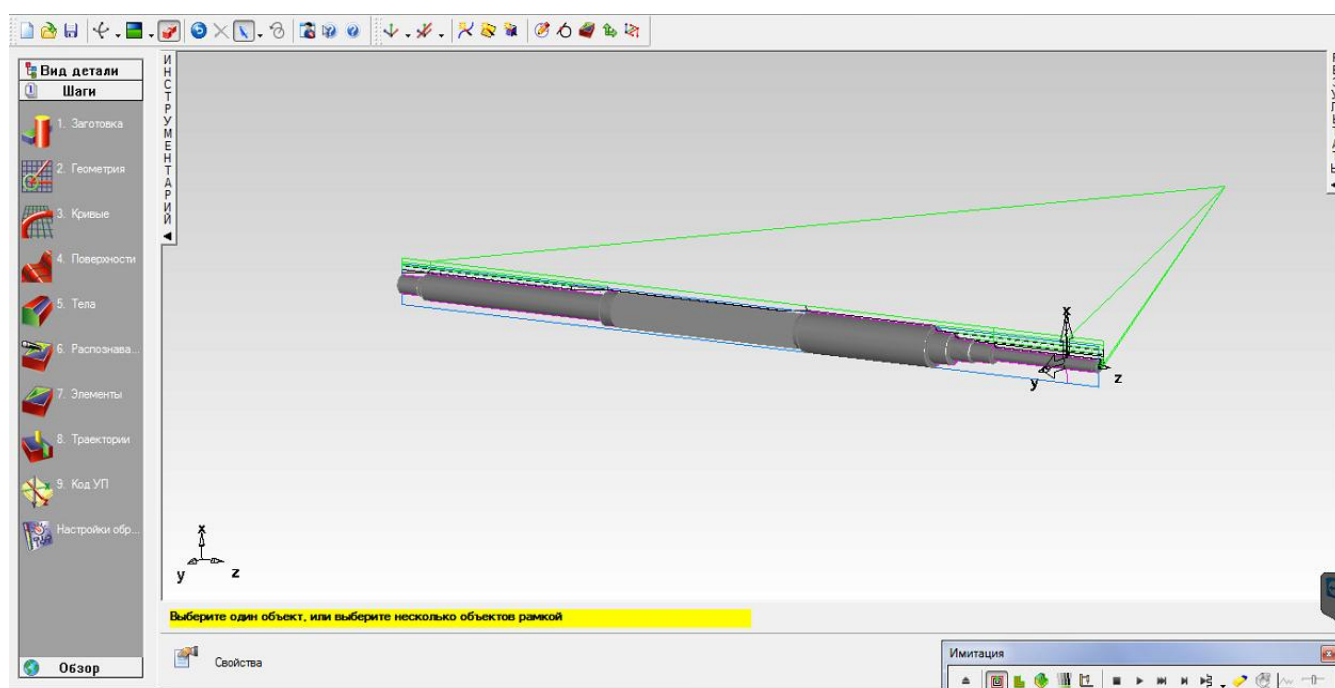
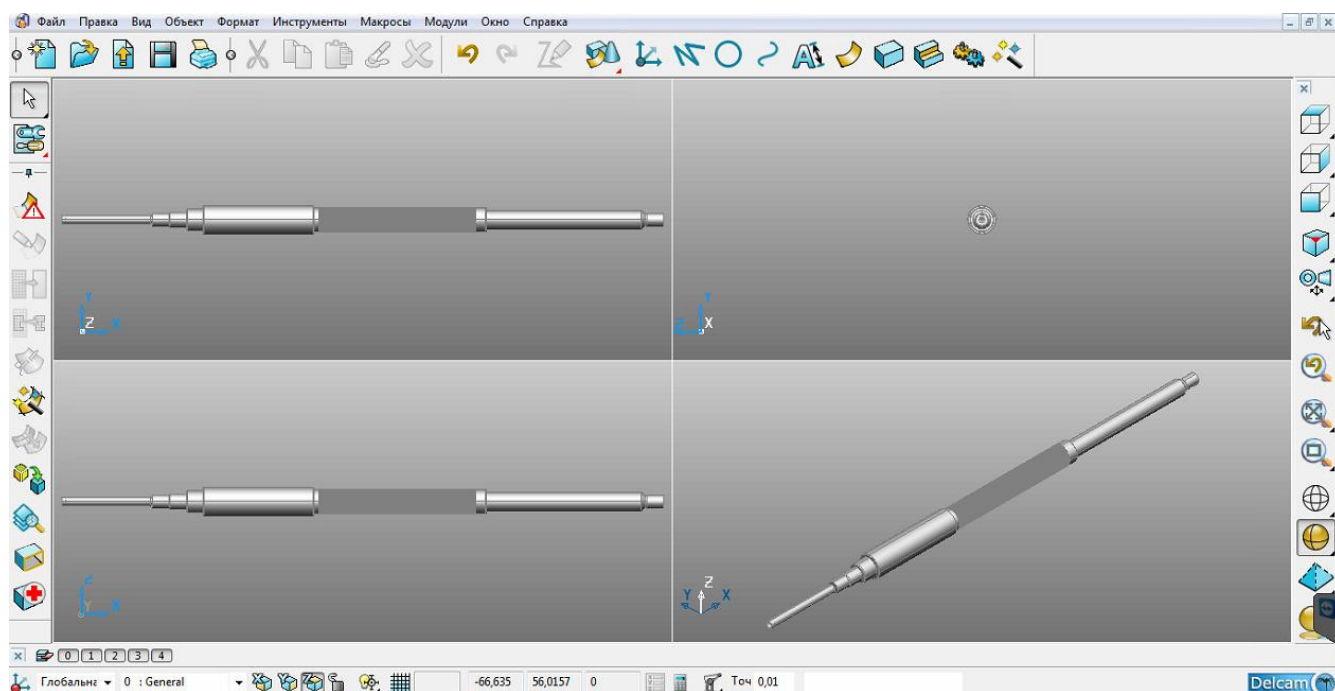
13. Программа, методические указания и контрольные задания по дисциплине «Механостроительные участки и цеха в машиностроении» для студентов специальности 7.090202. Днепропетровск, НМетАУ, 2004. 68 с.
14. Навчально-методичні рекомендації до виконання розділу «Охорона праці та захист навколишнього середовища» у випускних кваліфікаційних роботах для студентів усіх спеціальностей (бакалаврський та магістерський рівень) / Упоряд.: Єршомін О.О., Суліменко С.Є., Сухарева М.В., Мешкова А.Г., Баранова Т.Є. ; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Електрон. вид. – Дніпро: УДУНТ, 2024. – 26 с.
15. Законом України «Про охорону праці» : Документ 2694-XII, чинний, поточна редакція — Редакція від 01.10.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text> (дата звернення: 23.12.2023 року).
16. ДСП 173-96. Державні санітарні правила планування та забудови населених пунктів : Наказ МОЗ України № 173 від 19.06.1996 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0379-96#Text> (дата звернення: 23.12.2023 року).
17. ДСН 3.36.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень : Постанова МОЗ України № 42 від 01.12.1999 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99#Text> (дата звернення: 23.12.2023 року).
18. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення : Видання офіційне Київ Мінрегіонбуд України 2011 URL: https://dnaop.com/html/32404/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.2-28_2010 (дата звернення: 23.12.2023 року).
19. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. URL: https://dnaop.com/html/32609/doc-%D0%94%D0%91%D0%9D_%D0%92.2.5-67_2013/ (дата звернення: 23.12.2023 року).
20. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони. Наказ МОЗ України № 1596 від 14.07.2020 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0741-20#Text> (дата звернення: 23.12.2023 року).
21. ДСН 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку : Постанова МОЗ України № 37 від 01.12.1999 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99#Text> (дата звернення: 23.12.2023).
22. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації : Постанова МОЗ України № 39 від 01.12.1999 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99#Text> (дата звернення: 23.12.2023).

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

23. ДБН В.2.5-28:2018. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення. К.: Мінрегіон України, 2018. 133 с. URL: https://ledeffect.com.ua/images/_branding/dbn2018.pdf (дата звернення: 23.12.2023).
24. ДСанПіН 3.3.6.096-2002. Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. Про затвердження Державних санітарних норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів. : Наказ МОЗ України № 476 від 18.12.2002 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0203-03#Text> (дата звернення: 23.12.2023).
25. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою. - К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 61 с. URL: <https://pro-op.com.ua/files/2021/03-2021/DSTU-B-V.1.1-36-2016.-Vyznachennya-kategoriyi-prymishhen-budynkiv-ta-zovnishnih-ustanovok-za-vybuhopozhezhnoyu-ta-pozhezhnoyu-bezpekoyu.-2016r.pdf> (дата звернення: 23.12.2023).
26. ДБН В.1.1.7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. К.: УкрНДІЦЗ України, 2016. 35 с. URL: <https://eurobud.ua/wp-content/uploads/2022/08/dbn-v.1.1-7-2016-pozhezhna-bezpeka-obyektiv-budivnytva.pdf> (дата звернення: 23.12.2023 року)
27. ДСТУ EN 62305-3:2021 Блискавкозахист. Частина 3. Фізичні пошкодження будівель (споруд) та небезпека для життя (EN 62305-3:2011, IDT; ІЕС 62305-3:2010, MOD). [На заміну РД 34.21.122-87; ДСТУ EN 62305-3:2012; чинний від 2022-08-01]. Вид. офіц. Київ, 2022. 126 с.
28. НАПБ А.01.001-2014. «Правила пожежної безпеки в Україні». Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні : Наказ МВС України №1417 від 30.12.2014 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0252-15#Text> (дата звернення: 23.12.2023).

					6.131.221570.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Додаток А – Керуюча програма обробки складена у програмі FEATURECAM



%

O0001(TOKAHA 3 ЧПК)

(YCTAHOB1 – 05.04.2016 - 00:40:35)

(FEATURECAM - HAAS VF)

(MACHINE TIME = 9:06.6)

N10 T1/01/ M6 ' CHANGE TO TOOL # 1

N15 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000

N20 G0 X1.1973 Z0.0039

N25 M8

N30 G1 X-0.0625 Z0.0039 F0.015

N35 G1 X-0.0625 Z0.0197 F0.015

N40 G1 X-0.0347 Z0.0336 F0.015

N45 G0 X1.2598 Z0.0336 T1/01/

N50 S1000 M4 'SET RPM TO 1000

N55 G0 X1.2598 Z0.

N60 G1 X-0.0625 Z0. F0.006

N65 G1 X0.1487 Z0.1056 F0.006

N70 G0 X1.1973 Z0.1056 T1/01/

N75 S1000 M4 'SET RPM TO 1000

N80 G0 X1.2598 Z-0.8661

N85 G0 X0.7953 Z-0.8661

N90 G1 X0.7953 Z-6.0197 F0.015

N95 G1 X0.9218 Z-6.0197 F0.015

N100 G2 X0.9715 Z-6.03 I0.9218 K-6.0549

N105 G1 X1.0109 Z-6.0497 F0.015

N110 G2 X1.0236 Z-6.0584 I0.9611 K-6.0746

N115 G1 X1.0515 Z-6.0445 F0.015

N120 G0 X1.0515 Z-0.8661

N125 G1 X0.5591 Z-0.8661 F0.015

N130 G1 X0.5591 Z-5.4291 F0.015

N135 G1 X0.6698 Z-5.4291 F0.015

N140 G2 X0.7195 Z-5.4394 I0.6698 K-5.4643

N145 G1 X0.7747 Z-5.467 F0.015

N150 G2 X0.7953 Z-5.4919 I0.7249 K-5.4919

N155 G1 X0.8231 Z-5.478 F0.015

N160 G0 X0.8231 Z-0.8661

N165 G1 X0.4803 Z-0.8661 F0.015

N170 G1 X0.4803 Z-4.8198 F0.015

N175 G1 X0.5384 Z-4.8489 F0.015

N180 G2 X0.5591 Z-4.8738 I0.4887 K-4.8738

N185 G1 X0.5869 Z-4.8599 F0.015

N190 G0 X0.5869 Z-0.8661

N195 G1 X0.3228 Z-0.8661 F0.015

N200 G1 X0.3228 Z-4.2087 F0.015

N205 G1 X0.4099 Z-4.2087 F0.015

N210 G2 X0.4803 Z-4.2438 I0.4099 K-4.2438

N215 G1 X0.5082 Z-4.2299 F0.015

N220 G0 X1.2598 Z-4.2299

N225 G0 X1.2598 Z-10.0187

N230 G1 X1.0236 Z-10.0187 F0.015

N235 G1 X0.874 Z-10.8737 F0.015

N240 G1 X0.874 Z-22.4777 F0.015
N245 G1 X1.0236 Z-22.4777 F0.015
N250 G1 X1.0515 Z-22.4638 F0.015
N255 G0 X1.0515 Z-16.1336
N260 G1 X0.874 Z-16.1336 F0.015
N265 G2 X0.8737 Z-16.1367 I0.8036 K-16.1336
N270 G1 X0.6772 Z-17.2602 F0.015
N275 G1 X0.6772 Z-22.4777 F0.015
N280 G1 X0.874 Z-22.4777 F0.015
N285 G1 X0.9019 Z-22.4638 F0.015
N290 G0 X0.9019 Z-17.2602
N295 G1 X0.6772 Z-17.2602 F0.015
N300 G1 X0.6772 Z-21.6848 F0.015
N305 G2 X0.6769 Z-21.6879 I0.6068 K-21.6848
N310 G1 X0.5387 Z-22.4777 F0.015
N315 G1 X0.6772 Z-22.4777 F0.015
N320 G1 X0.705 Z-22.4638 F0.015
N325 G0 X1.2598 Z-22.4638
N330 G0 X1.2598 Z-0.8661 T1/01/
N335 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N340 G0 X0.315 Z-0.8661
N345 G1 X0.315 Z-4.2126 F0.006
N350 G1 X0.4099 Z-4.2126 F0.006
N355 G2 X0.4724 Z-4.2438 I0.4099 K-4.2438
N360 G1 X0.4724 Z-4.8215 F0.006
N365 G1 X0.5329 Z-4.8517 F0.0018
N370 G2 X0.5512 Z-4.8738 I0.4887 K-4.8738
N375 G1 X0.5512 Z-5.4331 F0.006
N380 G1 X0.6698 Z-5.4331 F0.006
N385 G2 X0.714 Z-5.4422 I0.6698 K-5.4643 F0.0018
N390 G1 X0.7691 Z-5.4698 F0.0018
N395 G2 X0.7874 Z-5.4919 I0.7249 K-5.4919
N400 G1 X0.7874 Z-6.0236 F0.006
N405 G1 X0.9218 Z-6.0236 F0.006
N410 G2 X0.9659 Z-6.0328 I0.9218 K-6.0549 F0.0018
N415 G1 X1.0053 Z-6.0525 F0.0018
N420 G2 X1.0236 Z-6.0746 I0.9611 K-6.0746
N425 G1 X1.0236 Z-9.9722 F0.006
N430 G2 X1.0234 Z-9.9749 I0.9611 K-9.9722 F0.0018
N435 G1 X0.8661 Z-10.8736 F0.006
N440 G1 X0.8661 Z-16.1336 F0.006
N445 G2 X0.8659 Z-16.1363 I0.8036 K-16.1336 F0.0018
N450 G1 X0.6693 Z-17.26 F0.006
N455 G1 X0.6693 Z-21.6848 F0.006
N460 G1 X0.8805 Z-21.5792 F0.006
N465 G0 X1.2598 Z-21.5792
N470 G0 X9.8425 Z4.9213 T2/02/ ' CHANGE TO TOOL # 2
N475 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N480 G0 X0.3032 Z-0.6693
N485 G0 X0.3032 Z-0.8413
N490 G1 X0.3032 Z-0.9907 F0.015
N495 G1 X0.2958 Z-0.9944 F0.015

N500 G1 X0. Z-0.9944 F0.015
N505 G1 X-0.0278 Z-0.9805 F0.015
N510 G0 X-0.0278 Z-0.8661
N515 G0 X-0.0278 Z-0.8877 T2/02/
N520 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N525 G0 X0.5198 Z-0.8877
N530 G1 X0.3088 Z-0.9934 F0.006
N535 G1 X0.3013 Z-0.9972 F0.0018
N540 G1 X0.0901 Z-0.8916 F0.006
N545 G0 X0.0469 Z-0.8916
N550 G0 X0.0469 Z-0.7005
N555 G0 X9.8425 Z4.9213 T3/03/ ' CHANGE TO TOOL # 3
N560 S1000 M4 ' SET RPM TO 1000
N565 G0 X0.7087 Z-21.8144
N570 G1 X0.4733 Z-21.8144 F0.015
N575 G1 X0.4409 Z-21.8306 F0.015
N580 G0 X0.7087 Z-21.8306
N585 G0 X0.7087 Z-21.85
N590 G1 X0.4733 Z-21.85 F0.015
N595 G1 X0.4409 Z-21.8338 F0.015
N600 G1 X0.4409 Z-21.8306 F0.015
N605 G0 X0.7087 Z-21.8306
N610 G0 X0.7087 Z-21.8527 T3/03/
N615 S1000 M4 'SET RPM TO 1000
N620 G1 X0.4678 Z-21.8527 F0.006
N625 G1 X0.4331 Z-21.8354 F0.006
N630 G0 X0.7087 Z-21.8354
N635 G0 X0.7087 Z-21.8116
N640 G1 X0.4678 Z-21.8116 F0.006
N645 G1 X0.4331 Z-21.829 F0.006
N650 G1 X0.4331 Z-21.8354 F0.006
N655 G0 X1.2438 Z-21.8354
N660 G0 X9.8425 Z4.9213
N665 M02
%

[illegible]

Дудл.														
Взам.														
Підл.														
										Зм	Лист		Підпис	Дата
												Листів	Лист	
Розробив				УДУНТ		6.131.221570. ТП								
Перевірів														
Узгоджено.														
Т. контр.								Вал						
Н. контр.														

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Завідувач кафедри технології
 машинобудування
 / Світлана НЕГРУБ /
 «__» _____ 2026р.

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС

виготовлення виробу «вал»

УЗГОДЖЕНО:

Керівник _____ (Світлана БОНЧУК)

Розробник _____ (Віктор КОСТЮКОВ)

Н. контроль _____ (Світлана НЕГРУБ)

															ДСТУ 3.1118-82					Форма 1			
Дубл.																							
Взам.																							
Підл.																							
										Зм		Лист						Підпис		Дата			
														Листів				Лист					
Розроб.								УДУНТ				6.131.221570. ТП											
Перевірів																							
Узгоджено.																							
Т. контр.												Вал											
Н. контр.																							
М01		Сталь 20Х13-Ш ТУ14-1-377-72																					
М02		Код			ЕВ	МД	ЕН	Н. расх.	КІМ	Код загот.		Профіль і розміри			КД	МЗ							
					к2	0,224	1		0,49	прокат		Пруток Ø18х230			1	0,457							
А		Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа												
Б		Код, найменування встаткування					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п. з.	Т шт.						
01					005	Термічна																	
02						Піч																	
03					010	Токарна																	
04						Токарно-гвинторізній 16К20												4					
05					015	Токарна																	
06						Токарно-гвинторізній 16К20												10,85					
07					020	Токарна з ЧПК																	
08						Токарний центр з ЧПК ST10												4,27					
09					025	Токарна																	
10						Токарно-гвинторізній 16К20												1,15					
11					030	Токарна																	
12						Токарно-гвинторізній 16К20												1,2					
13					035	Шліфувальна																	
14						Круглошліфувальний 3М152МВ												3,8					
15					040	Шліфувальна																	
16						Круглошліфувальний 3М152МВ												3,8					
МК		МАРШРУТНА КАРТА																					

Дубл.																				
Взам.																				
Підл.																				
Розроб.																				
Перевірив																				
Узгоджено.																				
Т. кантр.																				
Н. кантр.																				
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код, найменування операції					Позначення документа										
Б					Код, найменування встаткування					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	К шт	Т п. з.	Т шт.
1				045	Шліфувальна															
2					Круглошліфувальний 3М152МВ															3,8
3				050	Фрезерувальна															
4					Унив.-фрезерний 6А75В															6,1
5				055	Свердильна															
6					Вертикально-свердильний 2Н125/1															1,16
7				060	Слюсарна															
8					Верстак слюсарний															
9				065	Шліфувальна															
10					Різьбошліфувальний 5822М															3,8
11				070	Шліфувальна															
12					Різьбошліфувальний 5822М															3,8
13				075	Шліфувальна															
14					Різьбошліфувальний 5822М															3,8
15				080	Слюсарна															
16					Верстак слюсарний															5,5
17				085	Мийна															
18					Ванна															2,5
19				090	Контроль															
20					Контрольний стіл															12,2
МК	МАРШРУТНА КАРТА																			

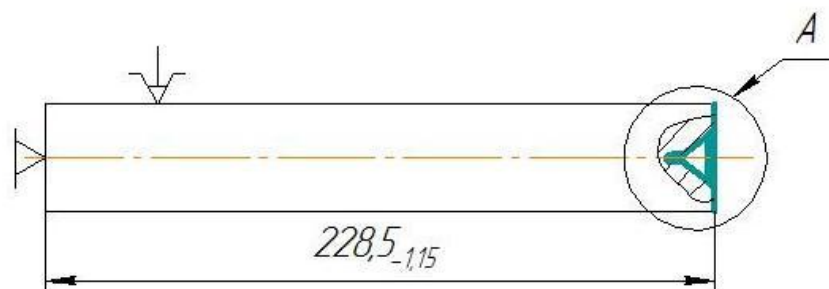
Дудл.														
Взам.														
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Листов 2
Лист 1

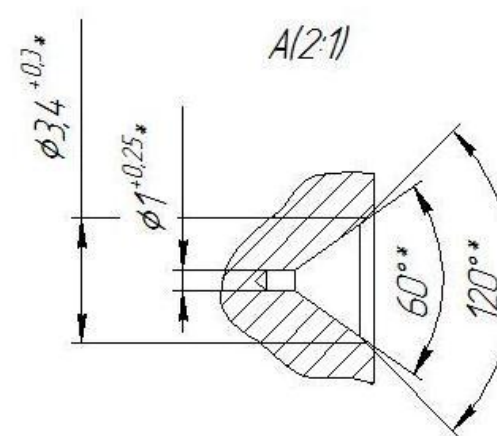
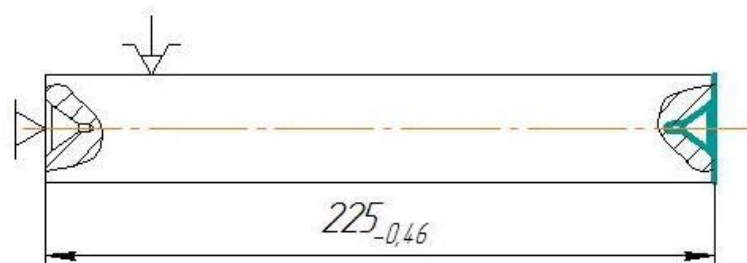
Разраб.				УДУНТ	6.131.221570. ТП		
Проверил							
Согласов.							
Т. контр.						Вал	
Н. Контр.							010

Ra 12,5

Установ 1



Установ 2



* Розмір забезпечується інструментом

KE

КАРТА ЕСКІЗУ

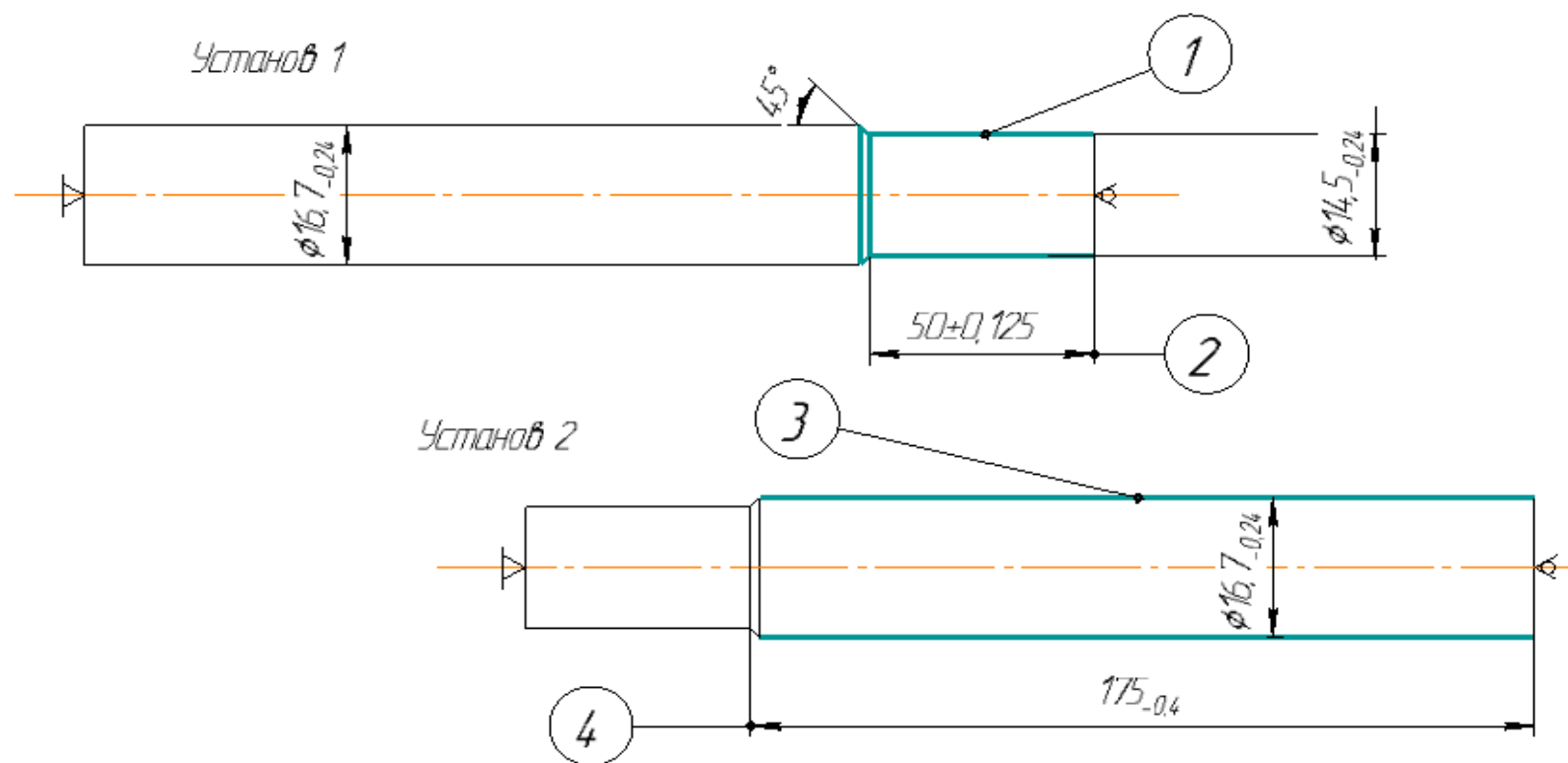
Дудл.			
Взам.			
Подл.			

					Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
--	--	--	--	--	-----	------	----------	---------	------

Листов 2 Лист 1

Разраб.				УДУНТ	6.131.221570. ТП		
Проверил							
Согласов.							
Т. контр.					Вал		
Н. Контр.							015

Ra 12,5



* розмір забезпечується інструментом

КЕ

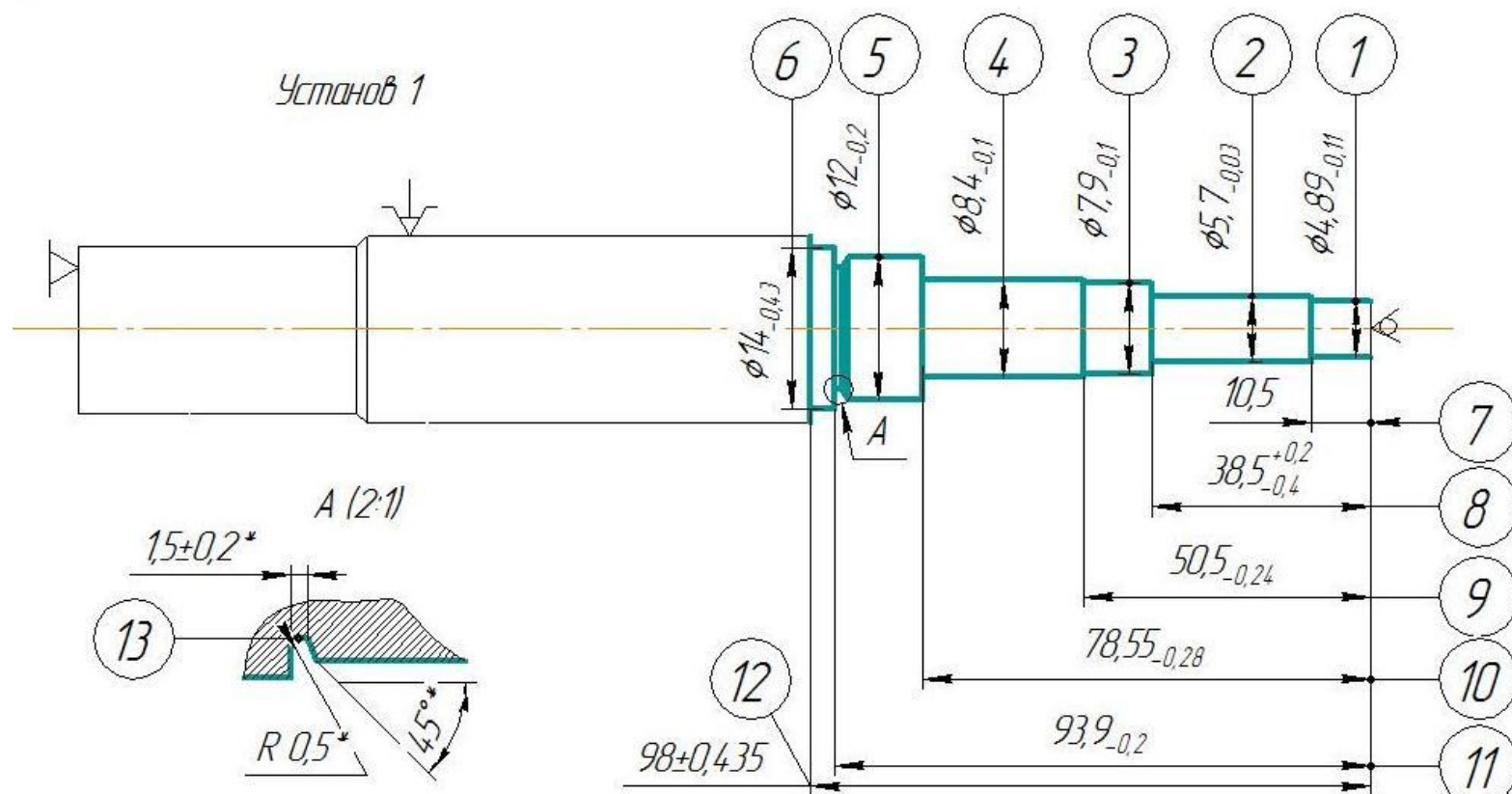
КАРТА ЕСКІЗУ

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
									Листов 4	Лист 1

Разраб.				УДУНТ	6.131.221570. ТП					
Проверил										
Согласов.										
Т. контр.						Вал				020
Н. Контр.										

Ra 3,2



* Розмір забезпечується інструментом

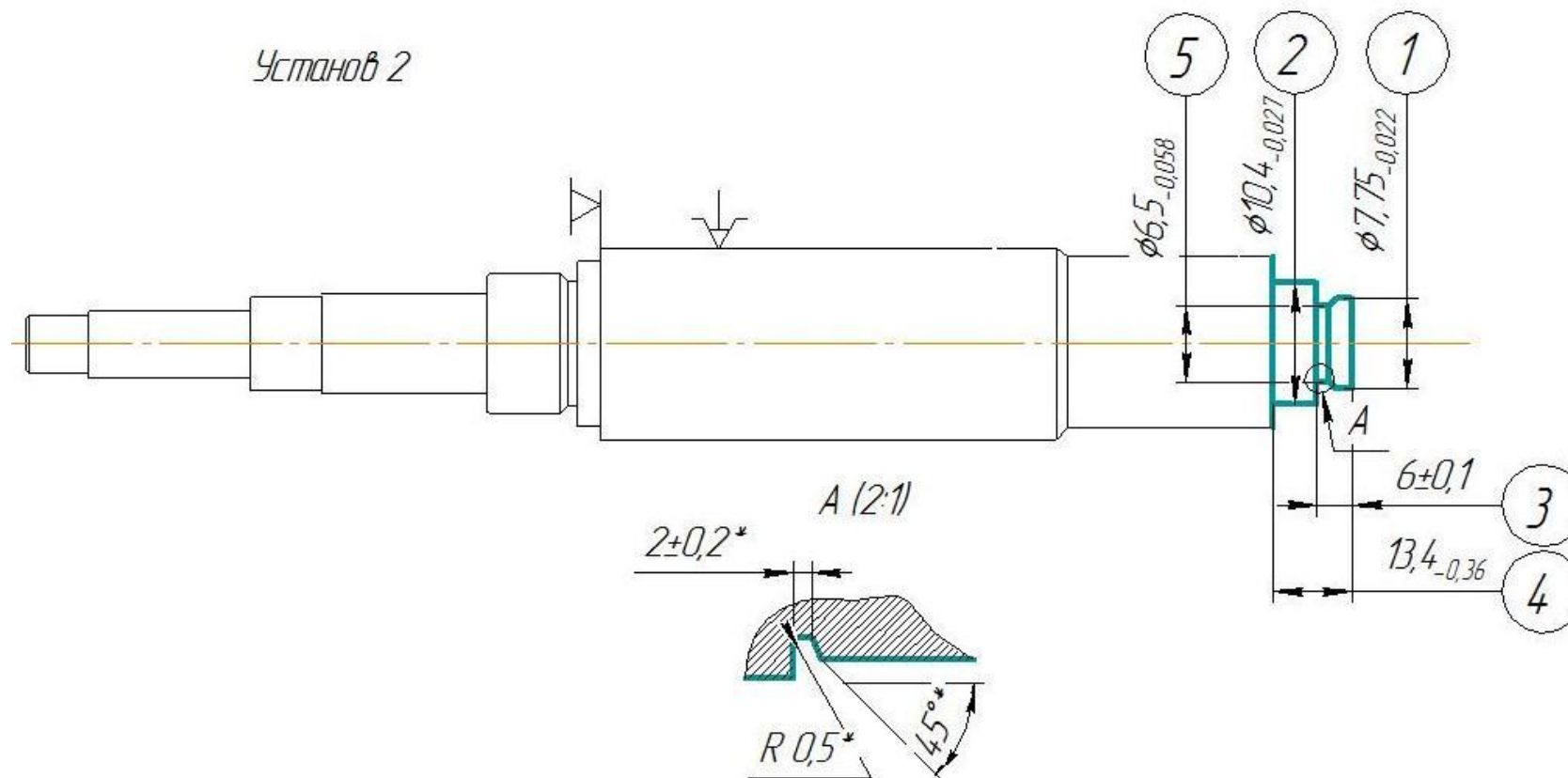
КЭ

КАРТА ЭСКИЗОВ

Дудл.															
Взам.															
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
													Листов 4	Лист 2	
Разраб.					УДУНТ		6.131.221570. ТП								
Проверил															
Согласов.															
Т. контр.									Вал						020
Н. Контр.															

Ra 3,2

Установ 2



* розмір забезпечується інструментом

Дудл.														
Взам.														
Підл.														
						Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
										Листів 4	Лист 3			
Розроб.	Козлова			УДУНТ		6.131.221570. ТП								
Перевірів														
Узгоджено														
Т. контр.				Вал									020	
Н. контр.														
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД	
Токарська зі ЧПУ				Сталь 20Х13-Ш ТУ14-1-377-72		154-229 НВ		кз	0,224	Ш18х230		0,457	1	
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми		Т о	Т в	Т пз		Т шт.		30Р		
Токарний з ЧПУ HAAS, ST-10						2,39	0,55	18,5		4,27		Укринал-1		
Р				П	Д	або В	L	t	i	S	n	V		
01	А. Установити й закріпити заготовку													
02	Центр одертовий ДСТУ 8742-75; 3-ххулачковий патрон N-210													
003	1. Точити поверхні 1,2,3,4,5,6 остаточно, витримуючи розміри 7,8,9,10,11,12 відповідно (установ 1)													
Т04	Різець PCLNR1616H09 R, пластина CN-09T3; Штангенциркуль ШЦЦ-1 0.01 (0-150)													
Р05								1,5	1	0,13	1000	95		
006	2. Точити канавку згідно ескізу (установ 1)													
Т07	Різець 3G1R4H1 GYHR2525M50-M25L GYM25LC-H005 Штангенциркуль з цифровий ІР ТИП ШЦЦ-1 0,01(0-150)													
Р08								0,16	1	0,1	1250	163		
009	Б. Перестановити й закріпити заготовку													
Т10	Центр одертовий ДСТУ 8742-75; 3-ххулачковий патрон N-210													
Р11	3 Точити поверхні 1,2 остаточно, витримуючи розміри 3,4 відповідно (установ 2)													
012	Різець PCLNR1616H09 R, пластина CN-09T3; Штангенциркуль ШЦЦ-1 0.01 (0-150)													
Т13								1,5	1	0,13	1000	95		
Р14														
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

Дудл.														
Взам.														
Підл.														
					Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
								Листів 4	Лист 4					
Розроб.					УДУНТ		6.131.221570. ТП							
Перевірів														
Узгоджено														
Т. контр.					Вал									
Н. контр					020									
Р					П	Д	а	В	L	t	i	S	n	V
001	4.Точити канавку згідно ескізу (установ 2)													
T02	Різець 3G1R4H1 GYHR2525M50-M25L GYM25LC-H005 Штангенциркуль з цифровий IP ТИП ШЦЦ-1 0,01(0-150)													
P03									0,16	1	0,1	1250	180	
004	5. Контроль виконавцем													
T05	В. Розкріпити і зняти деталь													
P06														
007														
T08														
P09														
010														
T11														
P12														
013														
T14														
P15														
16														
17														
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

--	--	--	--	--

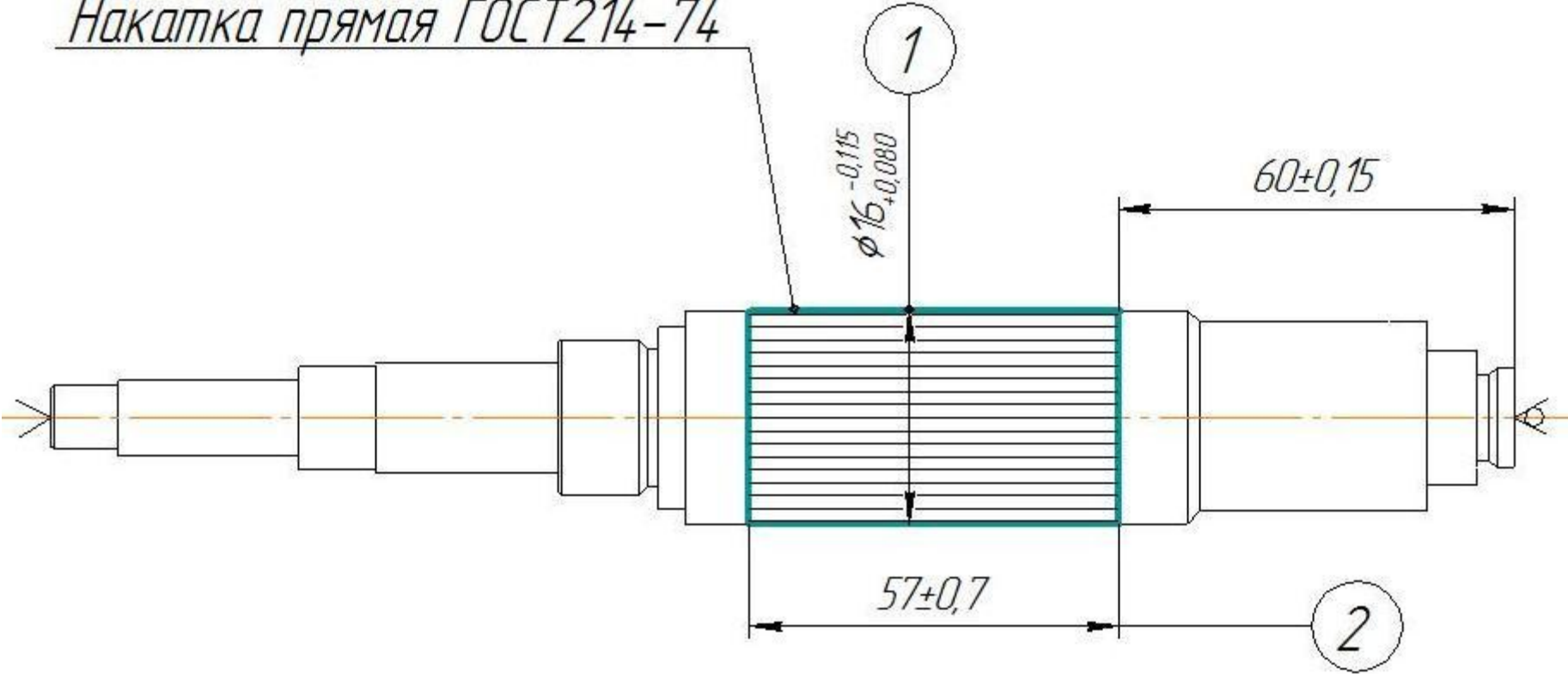
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
			Листов 2	Лист 1

Разраб.			
Проверил			
Согласов.			
Т. контр.			
Н. Контр.			

УДУНТ	6.131.221570. ТП		
		Вал	025

Ра 12,5

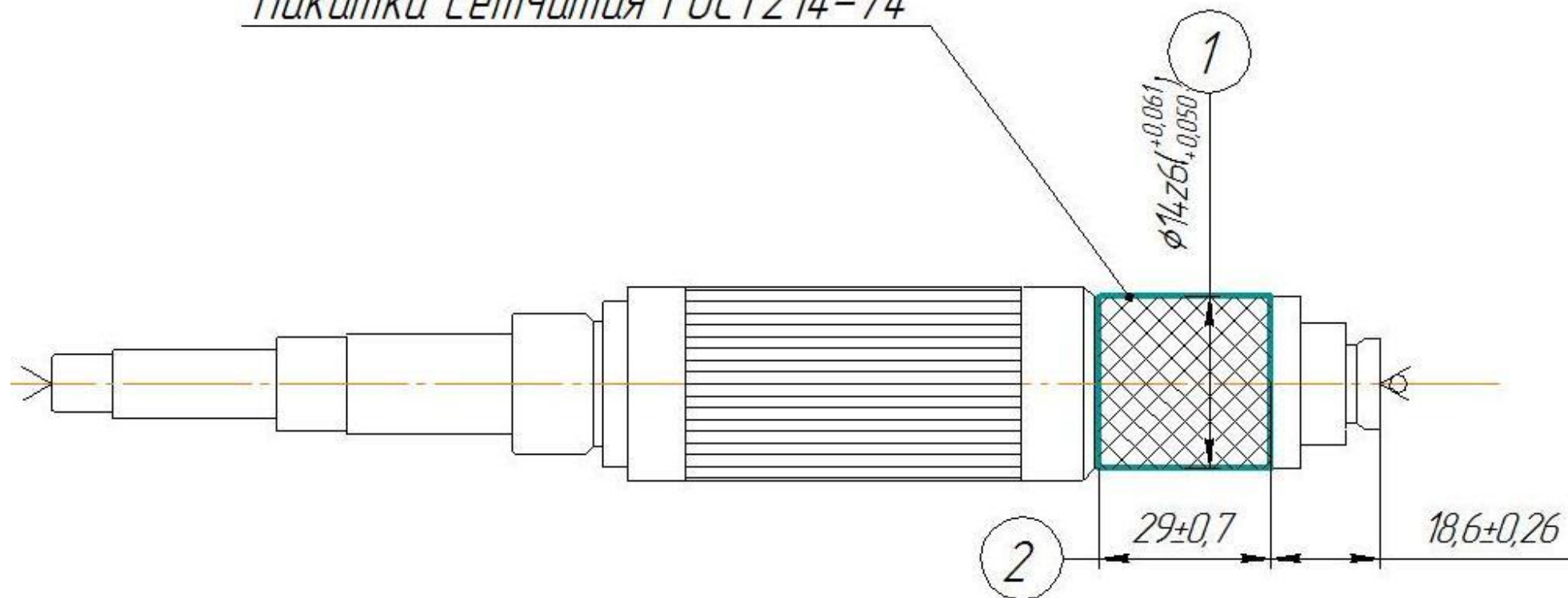
Накатка прямая ГОСТ214-74



Дубл.														
Взам.														
Підл.														
						Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
									Листів 2	Лист 2				
Розроб.	Козлова					УДУНТ		6.131.221570. ТП						
Перевірив														
Узгоджено														
Т. контр.						Вал								025
Н. контр														
Найменування операції					Матеріал		Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
Токарна					Сталь 20Х13-Ш ТУ14-1-377-72		154-229 НВ		кз	0,224	Ш18х230		0,457	1
Устаткування, пристрій ЧПУ					Позначення програми		Т о	Т в	Т пз		Т шт.		ЗОР	
Токарно-гвинторізний 16К20							1,26	0,46	-		2,44		Укринал-1	
Р					П	Д	адо	В	L	t	i	S	n	V
001	А. Установити заготовлю і закріпити													
Т02	Центр нерухомий, центр обертальний													
03														
004	1. Накатати поверхню 1 витримуючи розмір 2, згідно ескізу													
Т05	Накатний інструмент серія ZEUS RD1, Штангенциркуль ШЦЦ-1 0.01 (0-150), Індикатор ИЧ10 кл.0 ГОСТ 577-68.													
Р06							8	7			1	0,7	600	60
007	2. Контроль виконавцем													
Т08														
Р09	Б. Розкріпити і зняти деталь													
010														
Т11														
Р12														
013														
Т14														
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА													

Дудл.														
Взам.														
Подл.									Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	
													Листов 2	Лист 1
Разраб.				УДУНТ			6.131.221570. ТП							
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.									Вал					030
Н. Контр.														

Ra 6,3

Накатка сетчатая ГОСТ214-74

КЭ

КАРТА ЭСКИЗОВ

Дубл.															
Взам.															
Підл.															
						Изм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата					
									Листів 2	Лист 2					
Розроб.	Козлова					УДУНТ		6.131.221570. ТП							
Перевірів															
Узгоджено															
Т. контр.															
Н. контр.															
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД
Токарна				Сталь 20Х13-Ш ТУ14-1-377-72				154-229 НВ		кз	0,224	Ш18х230		0,457	1
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми				Т о	Т в	Т пз		Т шт.		ЗОР	
Токарно-гвинторізний 16К20								0,4	0,8	-		1,33		Укринал-1	
Р					П	Д	або В	Л	т	і	С	п	V		
001	А. Установити заготовлю і закріпити														
Т02	Центр нерухомий, центр обертальний														
03															
004	1. Накатати поверхню 1 витримуючи розмір 2, згідно ескізу														
Т05	Накатний інструмент серія ZEUS RD1, Штангенциркуль ШЦЦ-1 0.01 (0-150), Індикатор ИЧ10 кл.0 ГОСТ 577-68.														
Р06						8	7		1	0,7	600	60			
007	2. Контроль виконавцем														
Т08															
Р09	Б. Разкріпити і зняти деталь														
010															
Т11															
Р12															
013															
Т14															
ОК	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА														

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

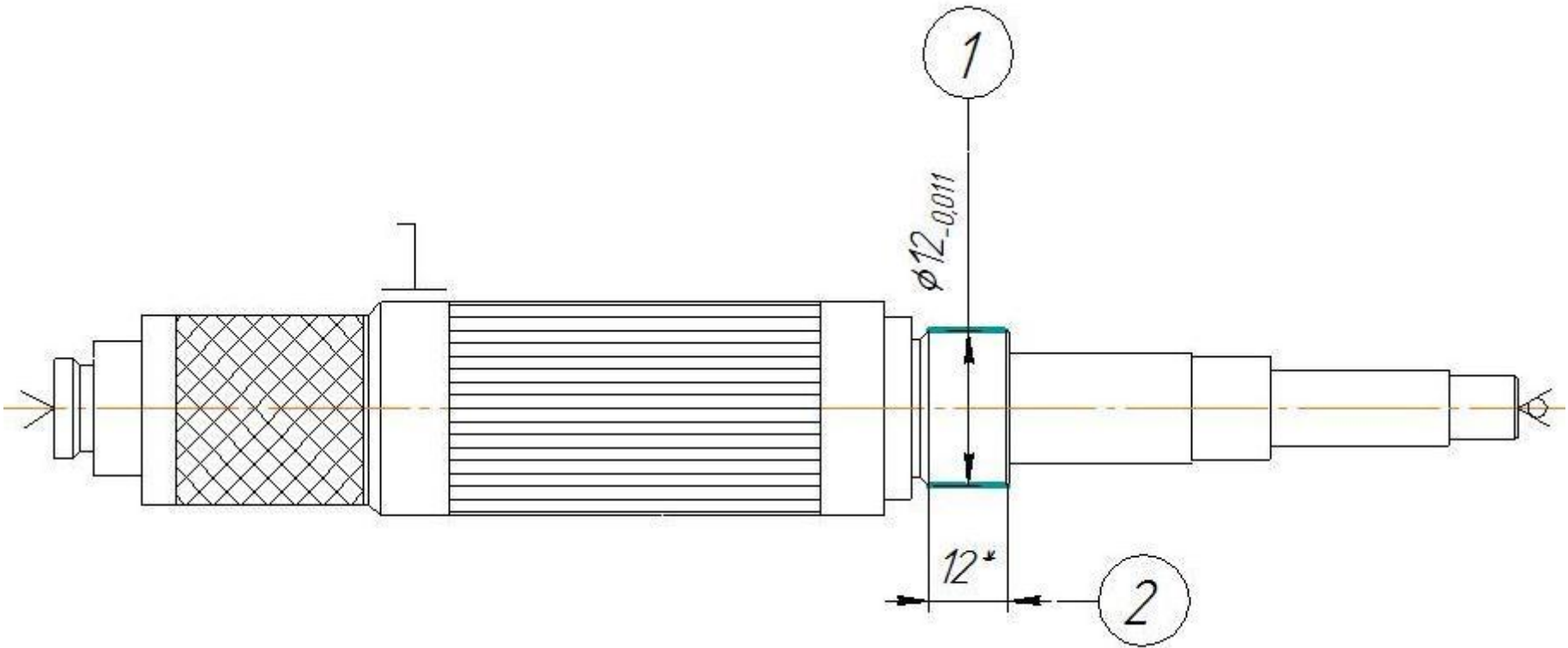
--	--	--	--	--

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
			Листов 2	Лист 1

Разраб.			
Проверил			
Согласов.			
Т. контр.			
Н. Контр.			

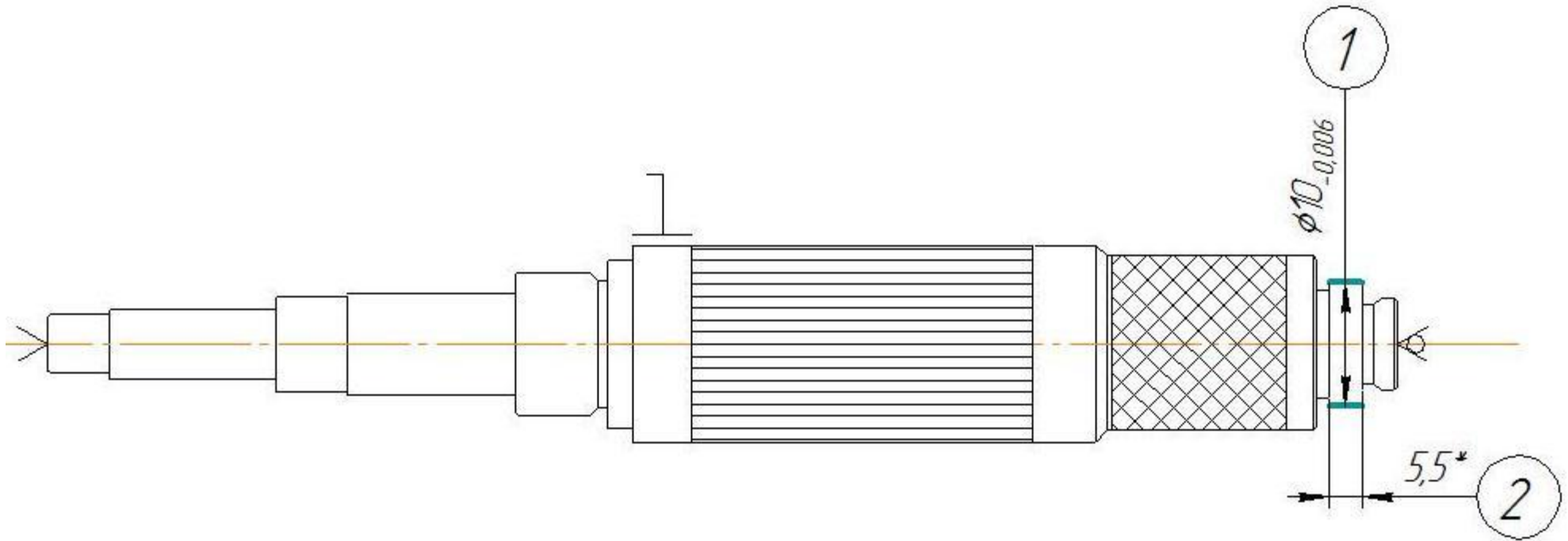
УДУНТ	6.131.221570. ТП		
		Вал	035

Ra 3,2



[illegible]

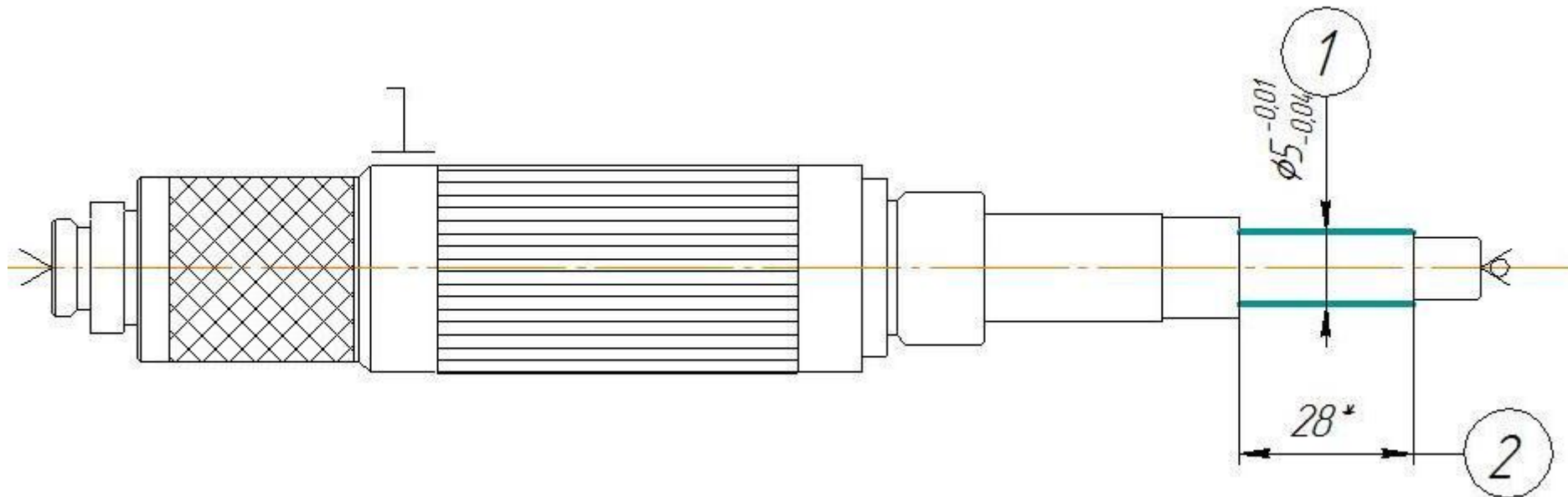
Ra 1,25



ДСТУ 3.1404-86										Форма 2			
Дудл. Взам. Підл. Зм Лист № докум. Підпис Дата													
										Листів 2		Лист 2	
Розроб. Перевіриб Узгоджено Т. контр. Н. контр				УДУНТ		6.131.2221570. ТП							
				Вал						040			
Найменування операції				Матеріал		Твердість	ЕВ	МД	Профіль і розміри		МЗ	КОИД	
Круглошліфувальна				Сталь 20Х13-Ш ТУ14-1-377-72		154-229 НВ	кз	0,224	Ш18х230		0,457	1	
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми		Т о	Т в	Т пз	Т шт.		30Р		
Круглошліфувальний 3М152МВ						0,3	0,55	10	0,8		Укринал-1		
Р						Пі	Д або В	L	t	i	S	V _к м/с	V _з м/хв
001	А. Установити й закріпити заготовлю												
T02	Центр обертовий ДСТУ 8742-75; повідковий патрон												
003	1. Шліфувати поверхню 1 витримуючи розмір 2, згідно ескізу												
T04	Круг шліфувальний ПП 16х32х6 25А12С ГОСТ 2424-75, Скоба СР 25 ГОСТ 11098-75												
P05									0,1	1	0,01	30	25
06	2. Контроль виконавцем												
07	Б. Розкріпити та зняти деталь												
08													
09													
10													
11													
12													
13													
14													
OK	ОПЕРАЦІЙНА КАРТА												

[illegible]

Ra 1,25



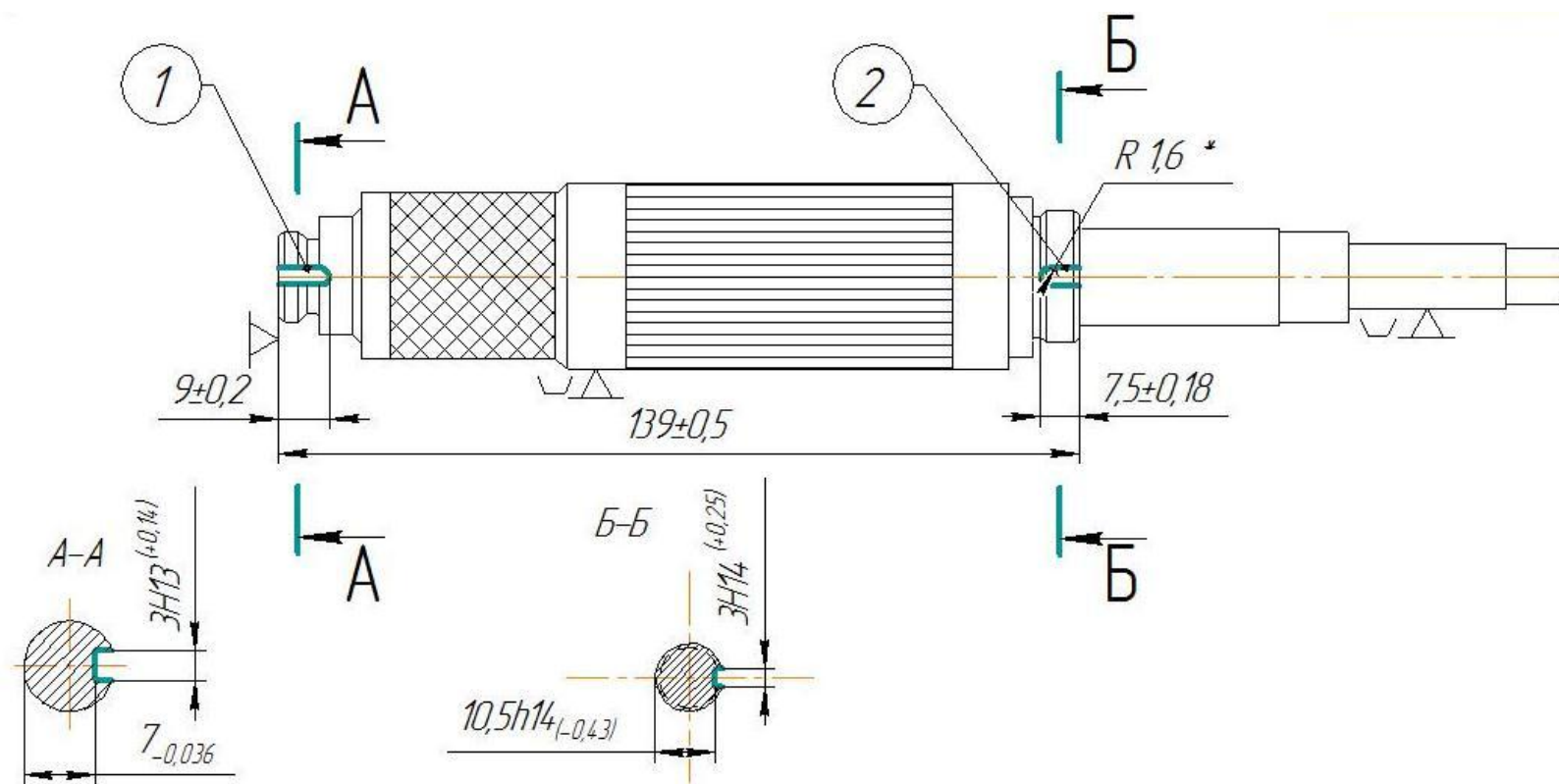
ДСТУ 3.1404-86										Форма 2	
Дудл.											
Взам.											
Підл.								3м		Лист	
								№ докум.		Підпис	
								Листів 2		Лист 2	
Разроб.				УДУНТ				6.131.221570. ТП			
Перевіриб											
Узгоджено											
Т. контр.				Вал				045			
Н. контр											
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ЕВ		МД	
Круглошліфувальна				Сталь 20Х13-Ш ТУ14-1-377-72		154-229 НВ		кг		0,224	
Устаткування, пристрій ЧПУ				Позначення програми		Т о		Т в		Т пз	
Круглошліфувальний 3М152МВ						0,3		0,55		18,5	
Р				Пл		Д або В		L		t	
001				А. Установити й закріпити заготовлю							
Т02				Центр обертовий ДСТУ 8742-75; повідковий патрон							
03				1. Шліфувати поверхню 1							
004				Шліфувальний круг ПП 300404175 — 4А30СТ2 — К2 ДСТУ 2424-83; мікрометр 0-50							
Т05								0,1		1	
Р06				2. Контроль виконавцем							
007				Б. Розкріпити та зняти деталь							
Т08											
Р09											
010											
Т11											
Р12											
013											
Т14											
ОК				ОПЕРАЦІЙНА КАРТА							

Дудл.			
Взам.			
Подл.			

						Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
									Листов 2	Лист 1

Разраб.				УДУНТ	6.131.221570. ТП					
Проверил										
Согласов.										
Т. контр.						Вал				050
Н. Контр.										

Ra 3,2

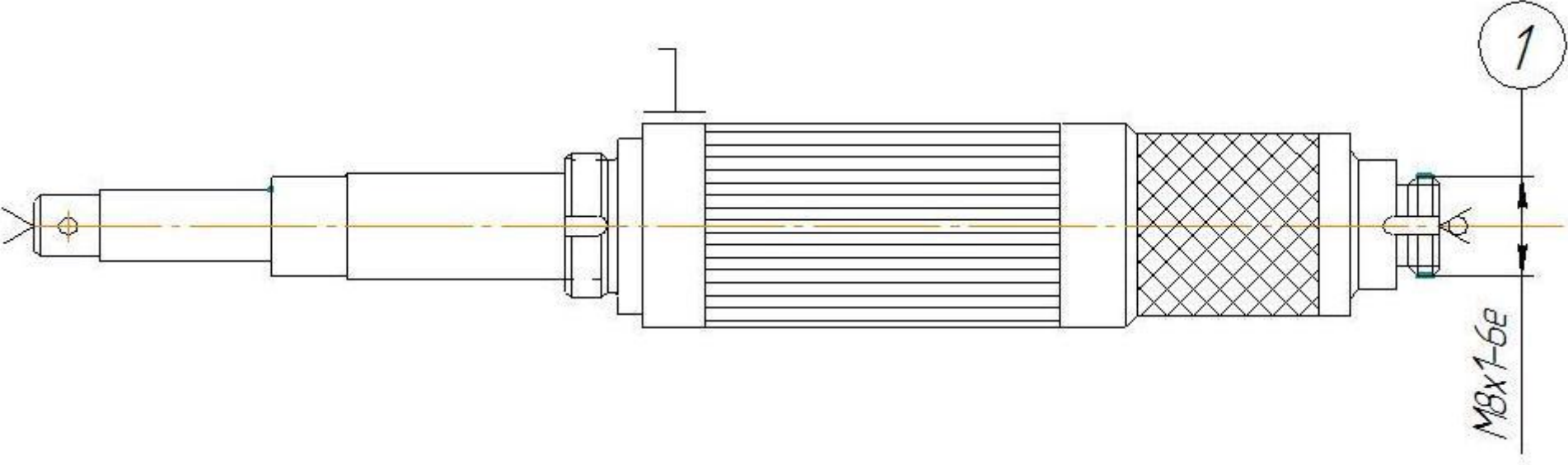


КЭ

КАРТА ЭСКИЗОВ

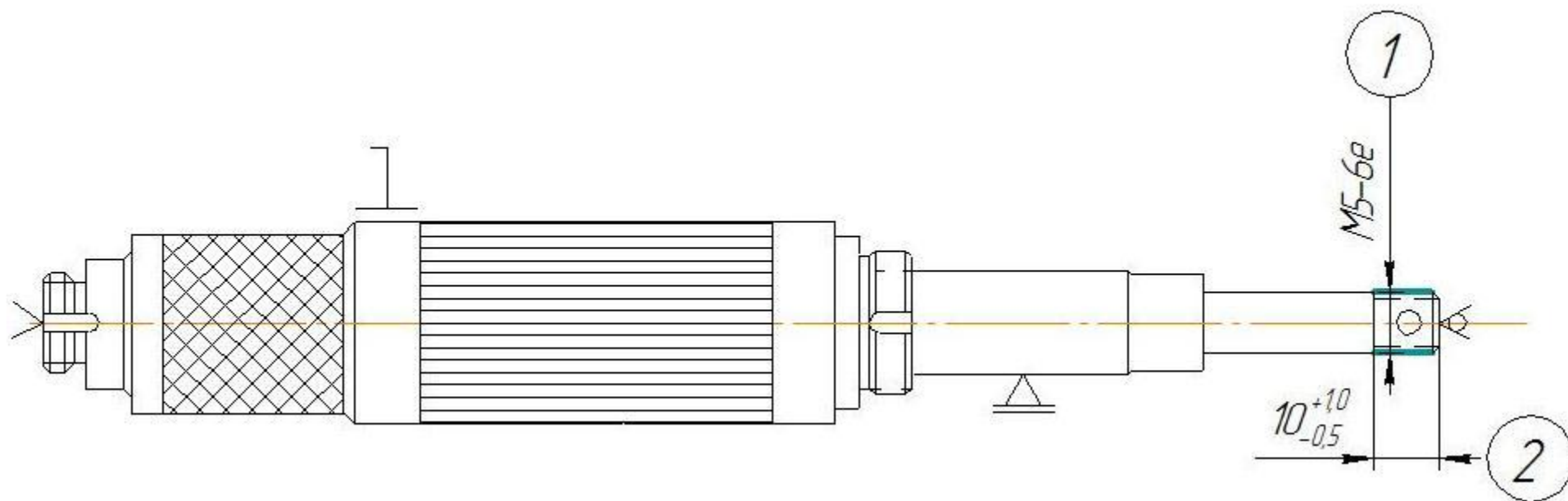
Дудл.														
Взам.														
Подл.										Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
												Листов 2	Лист 1	
Разраб.					УДУНТ		6.131.221570. ТП							
Проверил														
Согласов.														
Т. контр.									Вал				070	
Н. Контр.														

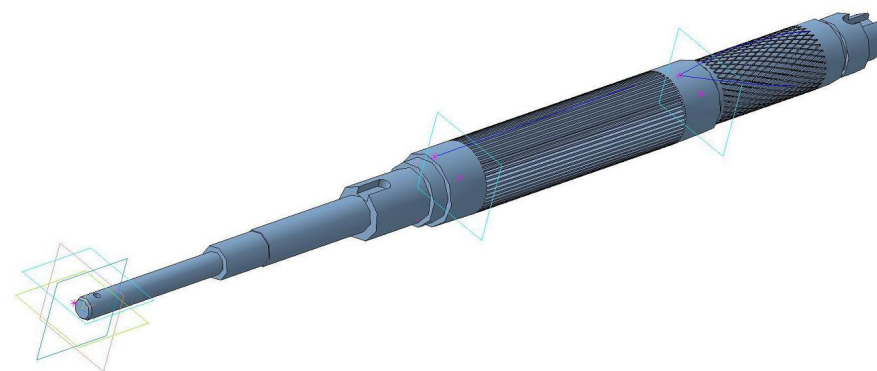
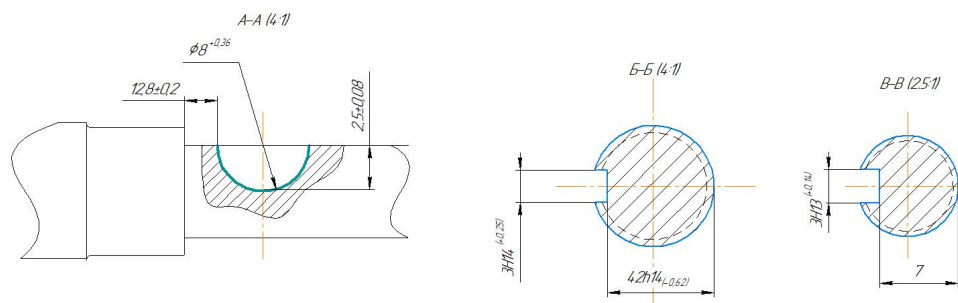
Ra 1,25



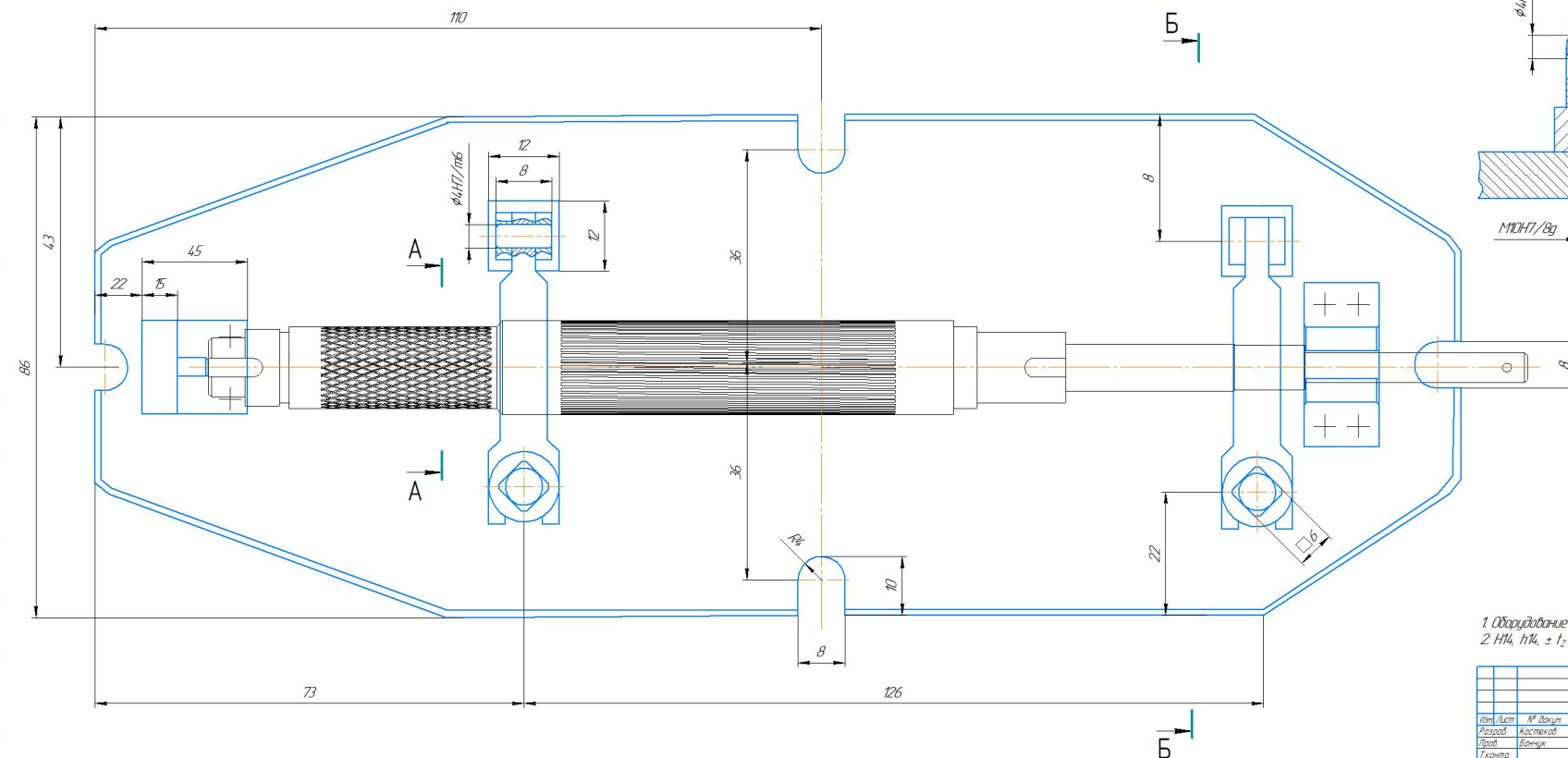
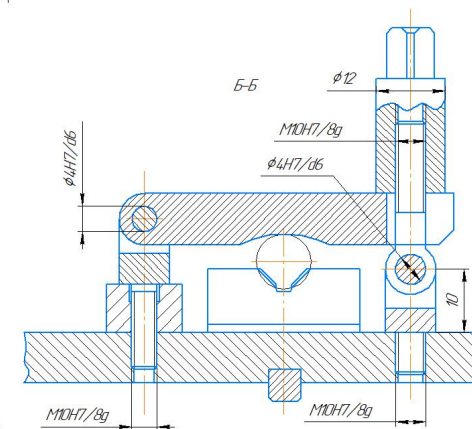
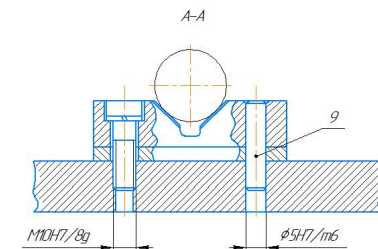
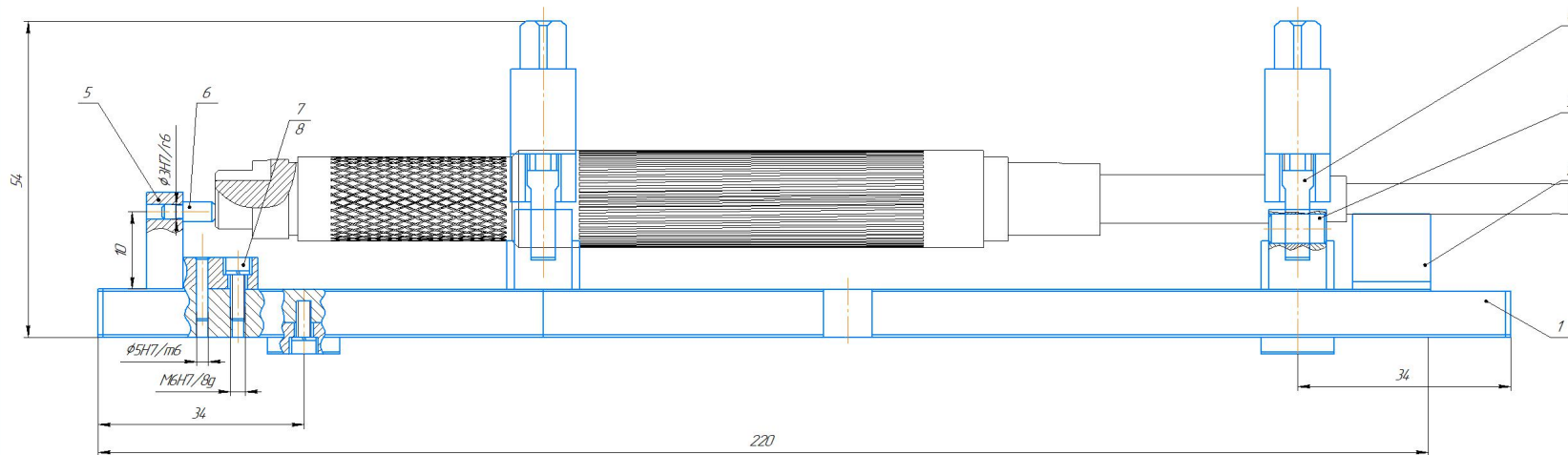
[illegible]

Ra 1,25



[illegible]

				6.131.221570.02			
				Технологічні наладки			
				Лист		Маска	Насиченість
						д/м	
				Лист		Листов	Т
				МОНУ ЧЛДЧП код ТМ 04-07-22т			
				Катерибол		Формат А1	



1 Оборудование - 6A75B
2 H14, h14, ± 1/12

6.131.221570 03 СК						Лист		
Верстатний пристрій						Лист	Маса	Масштаб
						у	25:1	
Ім'я Лист	№ докум.	Підп.	Дата					
Розроб.	Котенко							
Вір.	Ворон							
Технік								
Начальн.	Неруд							
Змін.	Неруд							
						МОНУ ЧОУНТ		
						каф. ТМ ІН-01-22т		
						Формат А1		

					6.131221570. 04									
					План розміщення технологічного обладнання									
Мен.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист			Месса	Максимум					
Розроб.		Косицький							1100					
Відоб.		Бончук												
Головпр.					Лист			Листів			?			
Інженер		Неразуб												
Зміст		Неразуб						код. ТМ ІМ-01-22т						