

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри ММіР

к. т. н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01»

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ(ТМ)-21

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Віталій ПОПОВ

Керівник роботи: к.т.н., ст. викл.

_____ Антон АПАРАКІН

Рецензент: к.т.н., доцент

_____ Любов ОЛІЙНИЧЕНКО

Центральноукраїнський національний технічний університет	
Факультет	Механіко-технологічний
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Галузь знань	13 Механічна інженерія
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Комп'ютерний інжиніринг технологій, робототехніка і 3D-друк

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ММР
_____ Андрій ГРЕЧКА

« ____ » _____ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА**

Попова Віталія Юрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01

2. Керівник роботи: _____ к.т.н., ст. викл., Антон АПАРАКІН

3. Строк подання роботи до захисту _____ « ____ » червень 2025 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Мета розробка вдосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01.

Завдання:

- проаналізувати базовий технологічний процес обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01, запропонувати заходи по раціоналізації та підвищенню ефективності технологічного процесу;
- виконати підбір металорізального обладнання, різального інструменту, верстатних пристосувань, розрахувати припуски, режими різання та виконати нормування операцій технологічного процесу;
- розробити конструкцію та вимоги до різального інструменту та контрольовимірального пристосування, із розробкою конструкторської документації.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
РОЗДІЛ 1	АНТОН АПАРАКІН		
РОЗДІЛ 2	АНТОН АПАРАКІН		
РОЗДІЛ 3	АНТОН АПАРАКІН		
ДОДАТКИ	АНТОН АПАРАКІН		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП	Травень 2025	вик.
2	РОЗДІЛ 1	Травень 2025	вик.
3	РОЗДІЛ 2	Травень 2025	вик.
4	РОЗДІЛ 3	Червень 2025	вик.
5	ВИСНОВКИ	Червень 2025	вик.
6	ДОДАТКИ	Червень 2025	вик.
7	Графічна частина та оформлення	Червень 2025	вик.

Дата видачі завдання « ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи _____ Антон АПАРАКІН
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 2025 р.

Здобувач _____ Віталій ПОПОВ
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Попов, В. Ю. Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01 : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. А. Р. Апаракін; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2025. 56 с.

Креслеників – 4 арк формату А1.

Метою роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня «НШ20М-4-00-01» на основі базового технологічного процесу шляхом його раціоналізації.

Актуальність роботи полягає в підвищенні продуктивності та зменшенню собівартості виготовлення деталі за рахунок удосконалення технологічного процесу, автоматизації виробництва шляхом застосування сучасних верстатів з числовим програмним керуванням.

В роботі виконано опис вузла та деталі та їх службового призначення, аналіз точності та технологічності; аналіз матеріалу деталі та способу виготовлення заготовки; аналіз базового технологічного процесу виготовлення деталі, визначено його переваги та недоліки, розроблено удосконалений технологічний процес, вибрано металорізальні верстати, затискні, контрольні та допоміжні пристрої, розраховано припуски, режими різання та норми часу; спроектовано заготовку та схеми механічної обробки.

технологічний процес, шестерня, верстат з ЧПУ, удосконалення

ANNOTATION

Popov Vitalii. Improvement of the technological process of machining the part of the drive gear NSh20M-4-00-01. Qualification work for the educational level “Bachelor”, spec. 131 Applied mechanics / Scientific director A. R. Aparakin : Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, 2025. 56 p.

Drawings – a total of 4 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to develop a technological process for machining the gear based on the basic technological process by rationalizing it.

The relevance of the work is to increase productivity and reduce the cost of manufacturing the part by improving the technological process, automating production by using modern machine tools with numerical program control.

The work includes a description of the assembly and part and their purpose, analysis of accuracy and manufacturability; analysis of the basic technological process is developed, metal-cutting machines, clamping, auxiliary and control devices are selected, allowances, cutting modes and time standards are calculated; the workpiece and machining schemes are designed.

technological process, cylinder block, CNC machine tool, improvement

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра “Машинобудування, мехатроніки і робототехніки”

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

До кваліфікаційної роботи на тему:

**Вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі
шестерня ведуча НШ20М-4-00-01**

КРБ.ПМ.25.31.13.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 4 курсу
групи ПМ(ТМ)-21
ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D- друк»
Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
_____ Віталій ПОПОВ

Керівник роботи, к.т.н., ст. викл.:
_____ Антон АПАРАКІН

Кропивницький 2025

Зміст

Вступ	7
1 Вихідні та розрахункові дані	8
1.1 Обґрунтування типу виробництва	8
1.2 Опис об'єкта виробництва	10
1.3 Опис конструкції та технологічний аналіз заданої деталі	11
1.4 Вибір заготовки	13
2 Технологічна частина	15
2.1 Вибір методів завершальної обробки	15
2.2 Аналіз вихідного, розрахунок і обґрунтування нового технологічного процесу	15
2.3 Вибір технологічних баз	18
2.4 Технічна характеристика вибраного обладнання	20
2.5 Розрахунок припусків	25
2.6 Вибір різального інструмента	28
2.7 Розрахунок режимів різання та основного часу	29
2.8 Визначення норм часу	33
3 Конструкторська частина	35
3.1 Опис різального інструменту	35
3.2 Опис контрольного пристрою	37
Висновки	39
Перелік джерел посилання	40
Додатки	41

Вступ

Сучасний етап розвитку науки і техніки характеризується високими темпами впровадження новітніх технологій у сучасне виробництво та виробничі процеси. В наслідку чого сучасні виробництва отримали різне новітнє устаткування, яке замінює роботу великої кількості людей і дає змогу удосконалити виробництво.

Автоматизація та роботизація значно зменшують вплив людського фактора, знижують виробничі витрати та підвищують якість готової продукції.

Однак, разом із впровадженням новітніх технологій у виробничі процеси, виникає певний ряд викликів і проблем пов'язаних з їх інтеграцією. Саме тому дана робота присвячена з розробці рекомендацій і впровадженню їх у виробництво шестерні НШ20М-4-00-01.

Мета даної роботи це удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі, що дасть змогу прискорити та удосконалити виготовлення деталі. Для досягнення даної мети в роботі будуть розглянуті теоретичні основи, проаналізовані сучасні технології та запропоновані нові рішення.

Робота складається з трьох розділів, в яких поступово розкриваються теоретичні аспекти, практична реалізація та аналіз отриманих результатів.

Розділ 1 Вихідні та розрахункові дані

1.1 Обґрунтування типу виробництва

Тип виробництва це сукупність факторів, що впливають на його організаційно-технологічні особливості. До них належать масштаб виробництва, рівень механізації та автоматизації, номенклатура виробництва, особливості технологічного процесу [1, 2, 3]. Взаємодія цих факторів і визначає тип виробництва.

Більш точно розрахувати можна за допомогою коефіцієнта серійності [2]:

$$K_c = \frac{T_v}{T_{шт.сер.}}$$

де T_v – такт випуску, хв;

$T_{шт.сер.}$ – середній штучний час, хв;

Визначаємо такт випуску:

$$T_v = \frac{60 \cdot F_d}{N_v}$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання;

При двозмінному режимі роботи $F_d = 4070$ год.

N_v – програма випуску деталей, $N_v = 50000$ шт.

$$T_v = \frac{60 \cdot F_d}{N_v} = \frac{60 \cdot 4070}{50000} = 4.884 \text{ хв}$$

Визначаємо середній штучний час виготовлення деталі за операціями заводського технологічного процесу:

$$T_{шт.сер.} = \frac{\sum T_{шт}}{n}, \text{ де}$$

$\sum T_{шт}$ – сума штучних часів усіх операцій заводського технологічного процесу;

n – кількість операцій заводського технологічного процесу;

Штучний час виготовлення деталі за операціями базового технологічного процесу наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Штучний час на операції механічної обробки

Номер операції	Назва операції	Штучний час, хв
200	Токарна з ЧПУ	1.4689
205	Токарна з ЧПУ	1.3820
240	Зубофрезерна	2.86004
245	Зубодовбальна	3.50455
250	Зубошевінгувальна	3.20458
255	Шліцефрезерна	1.32840
300	Шліфування ЗЦП	0.5650
305	Круглошліфувальна	0.8025
310	Круглошліфувальна	0.88650
325	Торцекруглошліфувальна	0.73950
330	Шліфувальна	0.88650
340	Електрохімічна	0.25561
350	Супер фінішна	0.92130
353-1	Доводочна	0.6617
353-2	Доводочна	0.6617
365	Заточна	0.10101
Разом		20.22979

$$T_{\text{шт. сер.}} = \frac{\sum T_{\text{шт.}}}{n} = \frac{20.22979}{16} = 1.264361875$$

Визначаємо коефіцієнт серійності:

$$K_z = \frac{T_v}{T_{\text{шт. сер.}}} = \frac{4.884}{1.264361875} = 3.86282$$

В ході розрахунків ми бачимо що K_z знаходиться в межах від 2 до 10 тому вибираємо крупносерійне виробництво. Дрібносерійне виробництво займає положення між середньосерійним та масовим виробництвом. Воно характеризується випуском продукції великою серією, що дає змогу досягти високої продуктивності та знижувати собівартість готової продукції за рахунок масштабів. У крупносерійному виробництві використовуються спеціалізовані верстати, а також автоматизовані лінії, що забезпечують стабільність роботи технологічного процесу.

Технологічні маршрути в такому виробництві стандартизовані, що дає змогу зменшити потребу в частих переналагодженнях.

Великі партії продукції сприяють зниженню витрат на одиницю виробу, але водночас потребують значних складських площ для зберігання готової продукції, що може призвести до проблем з логістикою та управлінням запасів.

1.2 Опис об'єкта виробництва

Шестерня НШ20М-4-00-01 призначена для подання гідравлічного масла під тиском в гідравлічних насосах. Деталь входить у склад насос НШ20М-4Л, розглянемо його технічну характеристику для розуміння в яких умовах працює деталь [4, 5].

Технічна характеристика насоса НШ20М-4Л наведена в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 Коротка технічна характеристика насосу НШ20М-4Л

Назва параметру	Значення
Номінальний робочий об'єм, см ³	20
Тиск на виході, МПа - номінальний - максимальний	16 20
Тиск на вході, МПа - номінальний - максимальний	0.08 0.15
Частота обертання, с ⁻¹ - номінальна - мінімальна - максимальна	40 25 66.6
Номінальна подача, л/хв, не менше	20
Коефіцієнт подачі, не менше	0.94
Коефіцієнт корисної дії, не менше	0.85
Номінальна потужність, кВт, не більше	5.5
Маса, кг, не більше	3.2
Габаритні розміри, мм	150×120×110
Температура навколишнього середовища С ^o - мінімальна - максимальна	-40 +50
Характеристика робочої рідини: - Кінематична в'язкість, мм ² /с: а) номінальна б) мінімальна в) короткочасна при запуску, не більше - Температура, С ^o а) мінімальна б) максимальна	55...70 10 1000 -10 +80

1.3 Опис конструкції та технологічний аналіз заданої деталі

Деталь – Шестерня НШ20М-4-00-01 – один із основних елементів насоса. Вона виконує функцію подачі робочої рідини, забезпечуючи перетворення механічної енергії в гідравлічну.

Деталь являє собою тіло обертання, має зубці з евольвентним профілем. Виготовлена зі сталі яка забезпечує хорошу зносостійкість та міцність. Під час обробки піддається термічній обробці, що збільшує її твердість та знижує зношування при контакті з елементами насоса.

Ведуча шестерня працює в парі з веденою шестернею. При обертанні вони утворюють робочі камери між зубцями та стінками насоса. Робоча рідина захоплюється між зубцями та переміщується від зони всмоктування до зони нагнітання, що створює необхідний тиск у гідравлічних системах насоса.

Для забезпечення правильної роботи шестерні важливе її точне виготовлення, контроль геометричних параметрів та мінімальний зазор між іншими деталями.

Хімічний склад матеріалу деталі наведений в таблиці 1.3

Механічні властивості матеріалу деталі наведені в таблиці 1.4

Таблиця 1.3 – хімічний склад матеріалу

Марка матеріалу	Склад елементів, %						
	C	Si	Mn	Cr	Ti	P	S
18ХГТ	0.17-0.24	0.17-0.37	0.7- 1	0.9- 1.2	0.05-0.1	≤0.03	≤0.03

Таблиця 1.4 – механічні властивості металу

Спосіб виготовлення	Вид термообробки	σ_b , МПа (кг/см ²)	σ_b , (кг/см ²)	Твердість, НВ
		Не менше		
Поковка	Загартування+ відпускання	785(80)	90	229...269

Аналіз точності деталі: опис поверхонь, їх розміри, квалітети, шорсткість та допуски розташування і форми наведено в табл. 1.5

Таблиця 1.5 Аналіз точності деталі

Назва поверхні	Розмір, поле допуску, квалітет, відхилення	Допуск на розмір, мм	Допуск на розташування та допуск форми, мм	Шорсткість поверхні, Ra
Торець	129.5 _{-0.63}	0.63	В межах допуску на розмір	12.5
Зовнішня циліндрична поверхня	Ø25 _{-0.040} _{-0.055}	0.015		0.16
Торець зубчатого вінця	15.02 _{-0.02}	0.02		0.16
Зовнішня циліндрична зубчатого вінця	Ø54.1	0.02		0.16
Канавка	Ø23.5h12 _{-0.21}	0.21	В межах допуску на розмір	3.2

Точність та якість поверхонь перебуває у прямому взаємозв'язку та відповідає призначенню деталі.

Аналіз технологічності деталі [1, 2].

Канавки Б, Б1 зроблені під стопорні кільця, замінити їх на інші не можливо. Обробку зовнішніх циліндричних поверхонь які обертаються у підшипниках або у металфторопластових втулках, можна виконувати на токарних станках з ЧПУ. Доступу інструменту до оброблювальних поверхонь нічого не заважає.

Жорсткість деталі достатня, що дає змогу використовувати продуктивні режими обробки. Базові поверхні деталі, такі як зовнішня циліндрична, центрові отвори, торці достатні за розмірами.

Висновок: На базі технологічних та конструктивних даних можна зробити висновок, що дана деталь має тісний взаємозв'язок між точністю та шорсткістю, а також доволі жорстка для використання продуктивних режимів різання, та в цілому можна вважати технологічною.

1.4 Вибір заготовки

Матеріал деталі: Сталь 18ХГТ ДСТУ 7806-2015

Габаритні розміри: 142.5×29×58.5 мм

Тип виробництва: Крупносерійний

Маса: 1.33 кг

На основі технологічних та конструкційних даних деталі, а також за умови крупносерійного виробництва, використовують метод поковки, на горизонтальних кувальних машинах (ГКМ). Даний спосіб дає змогу отримувати заготовки, з найменшим припуском для подальшої обробки. Це дає змогу отримувати заготовки як можна більше наближені до їх кінцевої форми, що значно пришвидшує механічну роботу з цією деталлю [1, 2, 6].

Горизонтальний метод поковки – це процес обробки металу, при якому заготовка обробляється в горизонтальній площині. Завдяки цьому методу можна значно зменшити використання матеріалу, отримати високу точність деталі та покращити механічні властивості виробив, завдяки надаванню їм потрібної форми.

Точність заготовки: Поковка II групи.

Призначаємо припуски на оброблювальні поверхні деталі та розміри заготовки. Результати вказані в табл. 1.6.

Таблиця 1.6.

Назва та розмір поверхні	Загальний припуск, мм	Допуск на розмір заготовки, мм	Розмір заготовки, мм
Торці	4	2	129.5
Зовнішня циліндрична	4	2	Ø25
Зовнішня циліндрична Зубчатого вінця	4.4	2.2	Ø54.1
Торці зубчатого вінця	5	2.5	Ø15.02

Визначаємо коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{вз} = \frac{m_d}{m_z}$$

де m_d – маса деталі, $m_d = 0.560$ кг

m_z – маса заготовки, $m_z = 1.33$ кг

$$K_{вз} = \frac{m_d}{m_z} = \frac{0.56}{1.33} = 0.421$$

Визначаємо норму витрат матеріалу з урахуванням технологічних витрат за кожним видом заготовки:

$$H_{вм} = m_z + m_{відх}$$

Де $m_{відх}$ – маса відходів

Масу відходів приймаємо для точного кування 1% від маси заготовки:

$$m_{відх} = m_z \cdot 0.01 = 1.33 \cdot 0.01 = 0.0133 \text{ кг}$$

$$H_{вм} = m_z + m_{відх} = 1.33 + 0.0133 = 1.3433 \text{ кг}$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{вм} = \frac{m_d}{H_{вм}} = \frac{0.56}{1.3433} = 0.416$$

Коефіцієнт використання заготовки та використання матеріалу підходять для крупносерійного виробництва, тому що 41% вихідного матеріалу йде у деталь, а 59% у відходи. Виходячи з розрахунків можна впевнено сказати, що собівартість готової продукції буде значно завищена, але компенсується через велику кількість деталей які виготовляються.

Розділ 2 Технологічна частина

2.1 Вибір методів завершальної обробки

Вибір методів взаємопов'язаний із такими вимогами як точність та шорсткість поверхонь [1, 2].

Прийняті методи завершальної обробки прийняті в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Завершальні методи обробки

Назва пове-рхні	Розмір, поля допуску, квалітет, граничні відхилення	Допу ск, мм	Шорст-кість, Ra	Методи завершальної обробки			Еконо-мічна Точ-ність
				За точ-ністю	За шорст-кістю	Прий-нято	
Торець	129.5 _{-0.63}	0.63	12.5	Токарна ЧПУ чорнова	Токарна ЧПУ чистова	Токарна ЧПУ чистова	0.02
Зовнішня цилін-дрична	Ø25 ^{-0.040} _{-0.055}	0.015	0.16	Шліфу-вання чорнове	Шліфу-Вання чистове	Шліфу-Вання чистове	0.009
Торець зубчатого вінця	15.02 _{-0.02}	0.02	0.16	Шліфу-вання чорнове	Шліфу-Вання чистове	Шліфу-Вання чистове	0.019
Зовнішня цилін-дрична Зубчатого вінця	Ø54.1	0.03	1,25	Шліфу-вання чорнове	Шліфу-Вання чистове	Шліфу-Вання чистове	0.03
Канавка	Ø23.5h12 _{-0.21}	0.21	3.2	Токарна ЧПУ чорнова	Токарна ЧПУ чистова	Токарна ЧПУ чистова	0.02

2.2 Аналіз вихідного, розробка і обґрунтування нового технологічного процесу

При розробці проектованого технологічного процесу варіанту, було взято за основу заводський технологічний процес обробки деталі. Проаналізувавши вихідний технологічний процес обробки деталі визначили, що:

- технологічні бази при виконанні усіх операцій були вибрані правильно;

- послідовність операцій процесу була вибрана вірно;
- задане устаткування відповідає вимогам заданої операції;
- режими різання обрані правильно;
- режими різання виконанні продуктивними методами;
- вибраний ріжучий інструмент нових марок ріжучих частин;
- правильна ступінь обладнання операцій виробничого оснащення;
- вірна ступінь концентрації обладнання;

Згідно з діючим технологічним процесом пропонується замінити такі операції як: операції зубофрезерування, зубодовбання та шевінгування обробкою зубчастого вінця на одній операції зубофрезерування, використавши зубофрезерний верстат з ЧПУ Liebherr LC180a та черв'ячну фрезу з модифікованим профілем зубців і зносостійким покриттям.

Розроблений технологічний процес наведено у табл. 2.2

Таблиця 2.2 – Розроблений технологічний процес

Номер, назва та зміст операції	Тип та модель верстату	Верстатне пристосування
001 Транспортування 1.Транспортувати прутки на механічну дільницю	Автовантажувач Q=20КН	-
010 Токарна з ЧПУ 1.Встановити та закріпити деталь 2.Точити цапфу 3.Точити зовнішній діаметр зубчастого вінця 4.Точити торець зубчастого вінця 5.Точити габаритний торець 6.Точити фаску 7.Точити канавку для виходу шліф. круга 8.Свердлими центрові отвори	GA2000/300 Токарний з ЧПУ	Патрон Strong UBN 208H6, Патрон цанговий ST 40X75 ER32F

Продовження таблиці 2.2

Номер, назва та зміст операції	Тип та модель верстату	Верстатне пристосування
015 Токарна з ЧПУ 1. Встановити та закріпити деталь 2. Точити сальникову і шліцеву шийки 3. Точити цапфу 4. Точити торець зубчастого вінця 5. Точити габаритний торець 6. Точити фаску 7. Точити канавку для виходу шліф. круга 8. Точити роздільну канавку та канавки під стопорні кільця 9. Свердлимо центровий отвір	GA2000/300 Токарний з ЧПУ	Патрон Strong UBN 208H6, Патрон цанговий ST 40X75 ER32F
020 Переміщення 1. Перемістити деталі по дільниці	Візок	-
025 Зубофрезерування 1. Встановити та закріпити деталь 2. Фрезерувати зубці шестерні	Liebherr LC180a 3 ЧПУ	Пристосування 11.57.67.12"
030 Шліцефрезерна 1. Фрезерувати шліци деталі	Верстат 5350A	Хомутик, Центри
035 Промивка 1. Промити деталі	ГМ 752	7808-4465 Касета
040 Контроль 1. Провірити деталі	ГМ1765 Стіл контрольний	-
045 Дифузне насичення 1. Загартувати деталь	-	-
050 Очистка дробеструменева 1. Очистити деталь	-	-
055 Транспортування 1. Транспортування деталей	Електронавантажувач EB-578	-
060 Круглошліфувальна Шліфувати зубчатий вінець	Верстат Круглошліфувальний 3A1B1	7032-0030 Пристосування, 13214-79(2) Хомутик
065 Круглошліфувальна 1. Шліфувати шліцеву шийку	Верстат Круглошліфувальний 3M151	Хомутик, 7032-0030 Пристосування, 13214-79(2) Центр

Продовження таблиці 2.2

Номер, назва та зміст операції	Тип та модель верстату	Верстатне пристосування
070 Круглошліфувальна 1.Шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу одночасно	Верстат Круглошліфувальний SASE 200/05	?
075 Круглошліфувальна 1.Шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу одночасно	Верстат Круглошліфувальний SASE 200/05	?
080 Оздоблювально-зачисна 1.Притупити гострі кромки по профілю зубів	ГМ3203 Установка електрохімічна	7890-4422(1) Катодний пристрій 7085-4137(10) Оправка
085 Суперфінішна 1.Суперфінішувати дві цапфи і шийку під сальник	Суперфінішний 3879	4 Валки
090 Шліфувальна 1.Довести торець і цапфу	Шліфувальний 3Б12	7162-4042(1), 7032-4128(1) Центри
095 Шліфувальна 1.Довести торець і цапфу	Шліфувальний 3Б12	7162-4042(1) Центр передній, 7032-4128(1) Центр задній
100 Верстак 1.Протерти всі поверхні	ГМ1765 Стіл контрольний	-
110 Контроль 1.Провірити деталі	ГМ1765 Стіл контрольний	-
115 Комплектування 1.Розбити деталі по групам	ГМ1765 Стіл контрольний	-
120 Транспортування 1.Транспортувати деталі на дільницю збірки	Електронавантажувач ЕВ-678	-

2.3 Вибір технологічних баз

Для кожної операції технологічного процесу обираємо технологічні бази та описуємо їх. Від правильного вибору технологічних баз, залежить отримання технологічної точності деталі. Вибір технологічних баз це одна із невід'ємних частин розробки технологічного процесу [1, 2, 7].

Вибрані технологічні бази наведенні в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Технологічні бази

Номер та назва операції	Модель верстату	Технологічні бази	Число ступенів свободи
010 Токарна з ЧПУ	GA2000/300	Зовнішня циліндрична поверхня, торець	6
015 Токарна з ЧПУ	GA2000/300	Зовнішня циліндрична поверхня, торець	6
025 Зубофрезерна	Liebherr LC180a	Торець, Центрові отвори	5
030 Шліцефрезерна	5350 A	Центрові отвори, зовнішня циліндрична поверхня	5
060 Круглошліфувальна	3A1B1	Центрові отвори, зовнішня циліндрична поверхня	5
065 Круглошліфувальна	3M151	Центрові отвори, зовнішня циліндрична поверхня	5
070 Круглошліфувальна	SASE 200/05	Центрові отвори, зовнішня циліндрична поверхня	5
075 Круглошліфувальна	SASE 200/05	Центрові отвори, зовнішня циліндрична поверхня	5
085 Суперфінішна	Суперфінішний 3879	Зовнішня циліндрична поверхня	4
090 Шліфувальна	3B12	Центрові отвори	4
095 Шліфувальна	3B12	Центрові отвори	4
085 Суперфінішна	Суперфінішний 3879	Зовнішня циліндрична поверхня	4

2.4 Технічна характеристика вибраного обладнання

GA2000/300 Токарний з ЧПУ

Найбільший діаметр встановлюваного виробу, мм	Ø 580
Найбільший діаметр (встановлюваного виробу) над салазками, мм	Ø 400
Найбільший діаметр обточування, мм	Ø 350
Стандартний діаметр обточування, мм	Ø 203 мм/ Ø254
Максимальна довжина обточування, мм	310/ 625/ 1205 мм
Максимальна вага деталі, кг	170
Розмір гідравлічного патрона	8”
Найбільший діаметр прутка, що обробляється, мм	Ø 51
Шпиндель	
Діаметр отвору у трубі шпинделя, мм	Ø 52
Передній кінець шпинделя	A2-6
Привід шпинделя	Прямий ремінний привід
Вихідна потужність двигуна	(пост./30 хв) 11/15 кВт
Діапазон швидкостей обертання шпинделя	48 ~ 4800 об/хв
Револьверна голівка (стандарт)	
Кількість станцій	12
Тип приводу індексації	Серводвиун Fanuc
Час індексації	0,2 с / однокрокове (0,5 сек повний оберт на 180°)
Квадрат інструменту, мм	25
Діаметр інструменту, мм	Ø 40
Загальні характеристики	
Точність позиціонування, мм	0.01
Повторюваність, мм	±0,003
Стандартне ЧПК	10,4” FANUC 0i-TF Plus
Бак гідравліки, л	30/40/40

Бак МОР, л	145 (100л для GA-2000/300)
Насос МОР, бар	3
Вага верстата, кг	3500 / 4000 / 4600
Габаритні розміри, мм	2014x1630x1725 / 2445x1630x1890 / 3345x1630x1845

Liebherr LC180a 3 ЧПУ

Модуль, мм	6.00
Діаметр заготовки, мм	180
Осьовий хід, мм	400
Відстань зсуву, мм	200
Діаметр плити, мм	150
Швидкість конфорки, хв/1	2250
Швидкість столу, хв/1	250
Макс. Довжина затиску інструменту (розточна фреза), мм	236
(фреза хвостовика), мм	360

3A151 Круглошліфувальний

Найбільші розміри оброблюваного виробу, мм:	
Діаметр	200
Довжина	700
Найбільший діаметр шліфування при номінальному діаметрі шліфувального круга, мм:	
В люнеті	60
без люнета	180
Найбільша довжина шліфування, мм	630
Висота центрів, мм	110
Вага оброблюваного виробу, кг	30
Найбільше повздовжнє переміщення стола, мм	650

Найменший хід стола при перемиканні упорами, мм	8
Ручне переміщення стола за один оберт маховика, мм:	
Швидке	22,6
Повільне	5,3
Швидкість гідравлічного переміщення стола (безступінчасте регулювання), мм/хв	100...6000
Найбільший поворот стола, град:	
по часовій стрілці	3
проти часової стрілки	10
Конусність, мм/м	10
Діаметр шліфувального круга, мм:	
Найбільший	600
Найменший	450
Найбільша ширина шліфувального круга, мм	63
Кількість швидкостей шпінделя шліфувальної бабки	2
Число обертів шпінделя шліфувальної бабки хвилину	1112/1272
Електродвигун привода шліфувального круга:	
Кількість оборотів за хвилину	1460
Потужність, кВт	7,5
Вісевий коливальний рух шпінделя, мм	0...3,4
Величина швидкого гідравлічного підвода шліфувальної бабки, мм	50
Подача на один оберт маховика, мм	1
Ціна поділки лімба поперечної подачі на діаметр виробу, мм	0,005
Величина врізної подачі на діаметр виробу, мм	1,6
Кількість швидкостей обертання виробу	Безступінчасте регулювання
Швидкість обертання виробу, об/хв	63...400
Електродвигун привода виробу:	
Кількість оборотів за хвилину	350...2500
Потужність, кВт	0,76
Габарити верстата (довжина × ширина × висота), мм	3100×2100×1500

Шліцефрезерний напівавтомат 5350А

Висота центрів, мм	250
Найбільший діаметр фрезерування, мм	150
Найбільша відстань між осями шпинделя, вироби та фрези, мм	40
Найбільший діаметр виробу, що встановлюється над станиною, мм	500
Найбільша відстань між осями шпинделя, вироби та фрези, мм	140
Відстань між центрами, мм	1000
Найбільша довжина фрезерування, мм	925
Межі чисел нарізаних шліц (зуб'яєв)	4...36
Найбільший модуль фрезерування	6
Найбільший діаметр фрези, мм	125
Грани чисел обертів фрезерного шпинделя, об/хв	80...500
Діаметр отвору шпинделя виробу, мм	106
Потужність електродвигуна головного двигуна, кВт	6.3

Круглошліфувальний 3М151

Максимальний діаметр шліфування, мм	200
Максимальна довжина шліфування, мм	750
Максимальна маса деталі, кг	65
Висота центрів, мм	135
Діаметр шліфувального круга:	
• Зовнішній —	до 400 мм
• Внутрішній отвір —	203 мм
• Товщина —	до 50 мм
Швидкість обертання шліфувального круга, м/с	близько 35
Потужність головного електродвигуна, кВт	4
Габарити (Д × Ш × В), мм	3000 × 1800 × 1600
Маса верстата, кг	близько 3000

SASE 200/05 Торцекруглошліфувальний

Максимальний діаметр шліфовки, мм	200
Максимальна довжина шліфовки, мм	630
Максимальний орбітальний діаметр, мм	200
Максимальна довжина заготовки, мм	630
Діаметр шліфувального диска	500
Висота центрів, мм	140
Максимальна маса виробу, кг	125
Число обертів шліфувальної бабки, об/хв	31,5...710
Число ступенів	10
Найбільший шлях переміщення шліфувальної бабки, мм	353
Кут врізання, град	31°47
Максимальний припуск шліфування, мм (гідравл./електричний)	1,25/20
Швидкість подачі (гідравл.), мм/хв	0,02...10
Швидкість подачі (однини .), мм/хв	0,006...12
Швидкість відводу (гідравл./однини .), м/хв	30/45
Величина компенсації (гідравл.), мм	0...0.05
Найбільша потужність, кВт	11
Габарити верстата (довжина × ширина × висота), мм	2500x2300x2000

Суперфінішний 3879

Тип обробки:	суперфінішна обробка методом «на прохід»
Діапазон діаметрів деталей:	від 8 до 60 мм
Потужність двигуна:	3,2 кВт
Габарити:	2600 × 1690 × 1800 мм
Маса:	3650 кг
Клас точності:	П (підвищена точність)

Круглошліфувальний 3Б12

Максимальний діаметр оброблюваної деталі:	200 мм
Максимальна довжина обробки:	500 мм
Максимальна довжина шліфування:	450 мм
Висота центрів над столом:	120 мм
Діаметр шліфувального круга (зовнішнє шліфування):	300 × 40 × 127 мм
Діаметр шліфувального круга (внутрішнє шліфування):	17×20×6, 30×25×10, 40×32×16 мм
Швидкість обертання шпинделя (зовнішнє шліфування):	2250 об/хв
Швидкість обертання шпинделя (внутрішнє шліфування):	16750 об/хв
Швидкість обертання деталі:	78–780 об/хв (безступеневе регулювання)
Габарити (Д×Ш×В):	2600 × 1750 × 1750 мм
Маса: близько	3000 кг

2.5 Розрахунок припусків та проміжних розмірів

Розрахунок припусків виконуємо для обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 25_{-0.055}^{0.040}$ мм, шорсткістю $Ra = 0.16$ мкм [1, 2].

Технологічний маршрут обробки даної поверхні:

1. Точити начорно
2. Точити начисто
3. Шліфування чорнове
4. Шліфування чистове

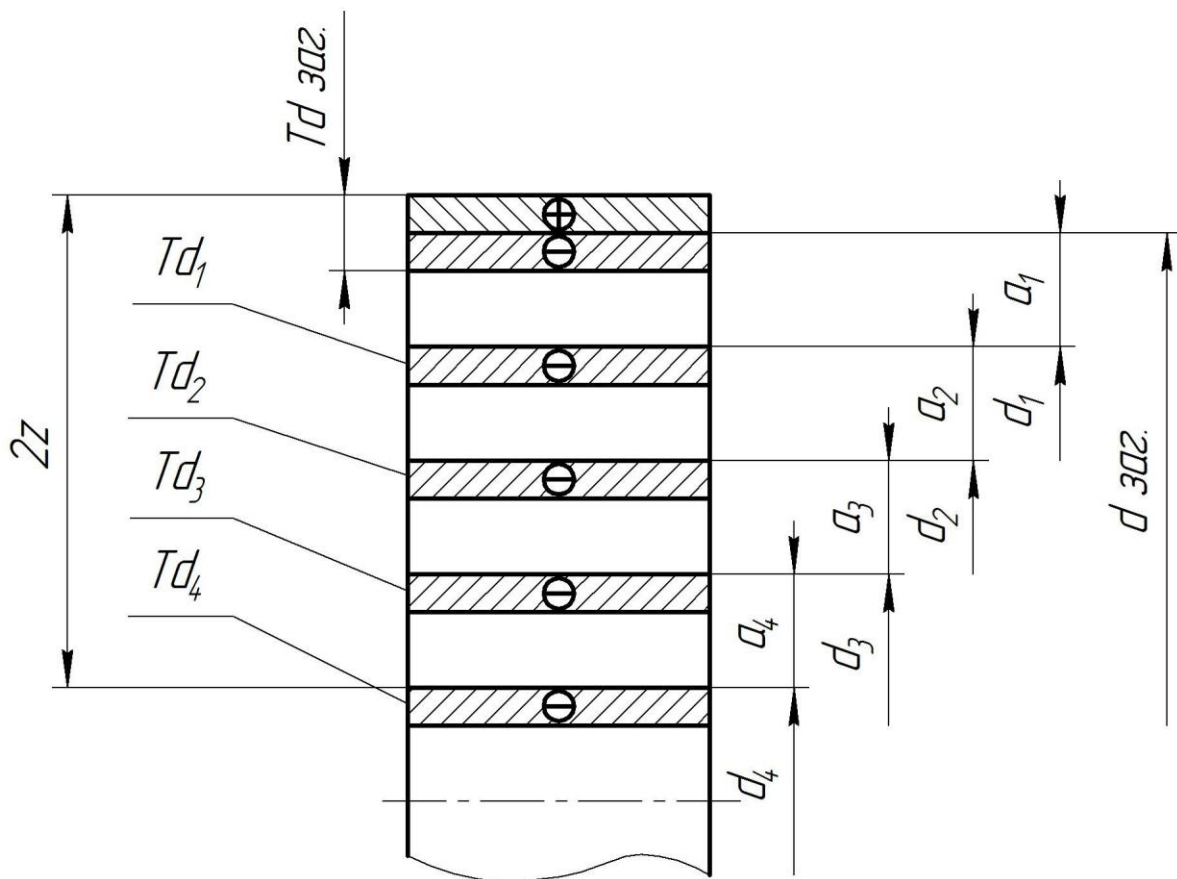
Схема розташування припусків між операційних розмірів та допусків на обробку поверхні, наведено на рис. 2.1.

Вибираємо загальний припуск на обробку:

$$2z = 2 \cdot 2 = 4 \text{ мм}$$

Визначаємо величину допуску на поковку:

$$TD_{\text{заг}} = 1.1 \text{ мм з креслення заготовки (+0,4/-0,7)}$$



Розміри :

- d_4 – діаметр готової деталі
- d_3 – діаметр після шліфування начорно
- d_2 – діаметр після точіння начисто
- d_1 – діаметр після точіння начорно
- $d_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки

Допуски:

- Td_1 – допуск на точіння чорнове
- Td_3 – допуск на шліфування
- $Td_{\text{заг}}$ – допуск на заготовку

Припуски:

- $2z$ – припуск загальний
- a_1 – припуск на точіння
- a_2 – припуск на точіння
- a_3 – припуск на шліф.
- a_4 – припуск на шліф.

Td_2 – допуск на точіння чистове

Td_4 – допуск на шліфування

Рисунок 2.1 – Схема розташування припусків, між операційних розмірів та допусків.

Визначаємо величину припуску на шліфування остаточне:

$$a_4 = 0.1 \text{ мм}; \text{ Величина допуску } TD_4 = 0.01$$

Визначаємо величину припуску на шліфування попереднє:

$$a_3 = 0.5 \text{ мм}; \text{ Величина допуску } TD_3 = 0.05$$

Визначаємо величину припуску на точіння чистове:

$$a_2 = 0.9 \text{ мм}; \text{ Величина допуску } TD_2 = 0.062$$

Визначаємо величину припуску на точіння чорнове

$$a_1 = 2z - (2a_4 + 2a_3 + 2a_2) = 4 - (0,1+0,5+0,9) = 4 - 1,5 = 2,5 \text{ мм}$$

$$\text{Величина допуску } TD_1 = 0.33.$$

Визначаємо проміжні розміри, та розміри заготовки, мм:

- Після шліфування остаточного $d_4 = \text{Ø}25_{-0.055}^{-0.040}$.
- Після шліфування попереднього $d_3 = d_4 + a_4 = 25 + 0.1 = \text{Ø}25.1_{-0.05}$.
- Після точіння чистового $d_2 = d_3 + a_3 = 25.1 + 0.5 = 25.6_{-0.062}$.
- Після точіння чорнового $d_1 = d_2 + a_2 = 25.6 + 0.9 = 26.5_{-0.33}$.
- Діаметр заготовки $\text{Ø}29_{-0.7}^{+0.4}$.

Розрахунок припусків, допусків, проміжних розмірів, розмірів деталі для інших поверхонь проводимо аналогічно.

Результати заносимо до табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Припуски на обробку та розміри заготовки

Назва та Розмір поверхні	Маршрут обробки	Розмір до обробки, мм	Припуск на обробку, мм	Розмір після обробки, мм	Допуск на обробку, мм	Проміжний або кінцевий розмір
Торець	Точіння	133.5h13 _{-0/63}	4	129.5	0.63	129.5h13 _{-0.63}
Зовнішня циліндрична	Точіння чорнове	$\text{Ø}29_{-0.7}^{+0.4}$	2.5	$\text{Ø}26.5$	0.33	$\text{Ø}26.5_{-0.33}$
	Точіння чистове	$\text{Ø}26.5_{-0.33}$	0.9	$\text{Ø}25.6$	0.0062	$\text{Ø}25.6_{-0.062}$
	Шліфування чорнове	$\text{Ø}25.6_{-0.062}$	0.5	$\text{Ø}25.1$	0.05	$\text{Ø}25.1_{-0.05}$
	Шліфування чистове	$\text{Ø}25.1_{-0.05}$	0.1	$\text{Ø}25_{-0.12}^{-0.11}$	0.01	$\text{Ø}25_{-0.055}^{-0.040}$
Торець зубчатого вінця	Точіння чорнове	$\text{Ø}20_{-0.8}^{+0.4}$	3	$\text{Ø}17$	0.17	$\text{Ø}17_{-0.17}$
	Точіння чистове	$\text{Ø}17_{-0.17}$	1.4	$\text{Ø}15.62$	0.1	$\text{Ø}15.62_{-0.1}$
	Шліфування	$\text{Ø}15.62_{-0.1}$	0.6	15.02	0.02	$\text{Ø}15.02_{-0.02}$
Зовнішня циліндрична Зубчатого вінця	Точіння	$\text{Ø}58.5_{-0.8}^{+1.6}$	3.6	$\text{Ø}54.9$	0.4	$\text{Ø}54.9_{-0.4}$
	Шліфування	$\text{Ø}54.9_{-0.4}$	0.8	$\text{Ø}54.1$	0.03	$\text{Ø}54.1_{-0.07}^{-0.04}$

2.6 Вибір різального інструменту

Вибір різального інструменту здійснюється для кожного переходу в технологічному процесі обробки деталі, виходячи з типу виробництва, типу та моделі верстата, форми та розмірів оброблювальної поверхні, матеріалу з якої виготовлено деталь, методів обробки, можливості використання стандартного інструменту [1, 2].

Вибраний різальний інструмент заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Різальний інструмент для механічної обробки

Номер операції	Номер Переходу	Назва та типорозмір інструменту	Стандарт або нормаль	Ріжуча частина	
				Матеріал	Стандарт
010	2	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	3	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	4	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	5	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	6	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	7	VNMG 16040 4MT-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	8	PUNTE CL920мм 3,15QU Свердло центровочне	14952-72	P6M5	19265-73
015	2	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	3	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	4	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	5	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	6	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	7	WNMG 432 ML-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	8	VNMG 16040 4MT-TT 8125 Пластина	ДСТУ ISO 1832:2015	TT 8125	TaeguTec
	9	PUNTE CL920мм 3,15QU Свердло центровочне	14952-72	P6M5	19265-73

Продовження таблиці 2.5

Номер операції	Номер Переходу	Назва та типорозмір інструменту	Стандарт або нормаль	Ріжуча частина	
				Матеріал	Стандарт
025	2	Фреза черв'ячна М=4 DE19018	Vergnano	PM-HSS S390	ISO/IEC 23360- 7:2006
030	1	2520-4005(1) Фреза шліцева	8027-86	Швидкорі- зальна сталь P6M5	19265-73
060	1	Круг шліфувальний ПП 600x40x305	2424-83	14A25CT1; CT3 K	28818-90
065	1	Круг шліфувальний ПП 600x100x305	2424-83	24 25 CT1; CT2 6K6	28818-90
070	1	Круг шліфувальний ПП750x50x305	2424-83	25A 25П CM1 6K8	28818-90
075	1	Круг шліфувальний ПП750x50x305	2424-83	25A 25П CM1 6K8	28818-90
085	1	АБС 125x80x5x20 АМК 20/14 R16 СК-8-1-К ТУ88 Брусок алмазний	Ту88 106-87 ИСМ	АМК20/14	9206-80
090	1	АЧК 200x32x50x5x3 АСН 60/40 В3-01 ТУ2-037-233-78 (2) Круг алмазний	2-037-233-78	24A25CM1	9206-80
095	1	АЧК 200x32x50x5x3 АСН 60/40 В3-01 ТУ2-037-233-78 (2) Круг алмазний	2-037-233-78	24A25CM1	9206-80

2.7 Розрахунок режимів різання та основного часу

Розрахунок режимів різання виконуємо для операції 025 Зубофрезерування [1, 2]. Операція виконується на верстаті: Liebherr LC180a.

Зміст операції:

1. Фрезерувати зуби шестерні

Розраховуємо довжину робочого ходу:

$$L_{px} = L_{різ} + y + L_{доп},$$

де $L_{різ}$ – довжина різання (ширина вінця деталі), мм;

y – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту, мм;

$L_{\text{доп}}$ – додаткова довжина ходу, наладка, мм.

$$L_{\text{рх}} = 15,6 + 37 + 16,7 = 69,3 \text{ мм.}$$

Визначаємо рекомендовану подачу на оберт:

$$S_o = 2 \text{ мм/об.}$$

Швидкість різання, рекомендована виробником інструменту, згідно каталогу:

$$V = 78.5 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 78.5}{3.14 \cdot 100} = 250 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{\text{хв}} = S_o \cdot n = 2 \cdot 250 = 500 \text{ мм/хв.}$$

Розрахунок основного часу:

$$t_o = \frac{L_{\text{рх}} Z_d}{S_o n k q},$$

де Z_d – число зубців деталі, шт.;

k – число заходів фрези, $k = 1$;

q – кількість одночасно оброблюваних деталей, шт, $q = 1$.

$$t_m = \frac{69,3 \cdot 11}{2 \cdot 250 \cdot 1 \cdot 1} = 1,524$$

Розрахунок режимів різання проводимо аналогічно. Результати вносимо до табл. 2.6

Таблиця 2.6 Розраховані режими різання

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	t, мм	D, мм	So, мм/об	S _{хв} , мм/об	S _z , мм/зуб	n, об/хв	V, м/хв	L _{різ} , мм	L ₁ , мм	L ₂ , мм	L _{б.п.} , мм	L _{рх} , мм	Машинний час, хв		
															На пере- хід	На пози- цію	На опера- цію
010	2	Точити цапфу	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	2	10	31	0,3	-	1.4689
	3	Точити зовнішній діаметр зубчатого вінця	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	1	9	29	0,4	-	
	4	Точити торець зубчатого вінця	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	1	12	32	0,275	-	
	5	Точити габаритний торець	1	-	-	0.2	-	-	200	18	2	2	14	36	0,3	-	
	6	Точити фаску	1	-	-	0.23	-	-	200	18	2	2	12	34	0,03	-	
	7	Точити канавку	1	-	-	0.35	-	-	200	3.6	1	1	10	15.6	0,03	-	
	8	Свердлити отвір	1	-	-	0.08	-	-	1200	11.2	2	2	12	27.2	0,13	-	
	2	Точити сальникову і шліцеву шийки	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	2	10	31	0,3	-	
3	Точити цапфу	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	1	12	32	0,28	-		
4	Точити торець зубчатого вінця	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	1	14	34	0,275	-		
5	Точити габаритний торець	1	-	-	0.2	-	-	200	18	1	1	15	35	0,3	-		
6	Точити фаску	1	-	-	0.25	-	-	200	18	2	2	12	34	0,03	-		
7	Точити канавку	1	-	-	0.35	-	-	200	1.4	1	1	14	17.4	0,03	-		
8	Точити роздільну канавку	1	-	-	0.35	-	-	200	3.6	3	3	15	24.6	0,03	-		
9	Свердлити центровий отвір	1	-	-	0.08	-	-	20	18	2	2	16	38	0,13	-		

Продовження табл. 2.6

№ операції	№ переходу	Зміст переходу	t, мм	D, мм	So, мм/об	Sxв, мм/об	Sz, мм/зуб	n, об/хв	V, м/хв	Lріз, мм	L1, мм	L2, мм	Lб.п, мм	Lрх, мм	Машинний час, хв		
															На пере хід	На пози цію	На опера цію
025	2	Фрезерувати зубці шестерні	9	-	2	-	-	250	78.5	46	3	3	14	66	-	-	1,524
030	1	Фрезерувати шліци деталі	2.9	-	-	-	1.2	224	56	64	2	1	13	78	-	-	1.3284
060	1	Шліфувати зубчатий вінець	0.40	54.9	-	-	1.0	200	34.5	15.6	1	1	10	27.6	-	-	0.565
065	1	Шліфувати шліцеву шийку попередньо	0.12	25.9	-	0.048	-	180	14.6	54.5	1	1	11	67.5	0,4815	-	0.8025
	2	Шліфувати шліцеву шийку кінцево	0.07	25.5	-	0.032	-	180	14.5750	54.5	1	1	12	67.5	0,321	-	
070	1	Шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу	0.09	25.1	-	0.002	-	180	14.5/50	26	2	3	15	46	-	-	0.8865
075	1	Шліфувати торець зубчатого вінця і цапфу	0.09	25.1	-	0.002	-	180	14.5/50	26	2	3	15	46	-	-	0.8865
085	1	Суперфінішувати дві цапфи і шийку під сальник	0.005	25	-	600	-	300	17	31,5	2	2	18	33	-	-	0.9213
090	1	Довести торець і цапфу	0.005	55	-	0.0015	-	300	70	26	2	2	13	33	-	-	0.6617
095	1	Довести торець і цапфу	0.005	55	-	0.0015	-	300	70	26	2	2	13	33	-	-	0.6617

2.8 Визначення норм часу

Вихідні данні:

Назва деталі: Шестерня ведуча НШ20М-4-00-01

Маса заготовки: 1.33 кг

Операція: 010 Токарна з ЧПУ

Верстат: GA2000/300

Основний час на обробку деталі: 1.4689

Визначаємо допоміжний час [1, 2] згідно табл 2.7.

Таблиця 2.7 – Допоміжний час

Зміст переходу	Допоміжний час, хв		Джерело
	Перекривається	Не перекривається	
1 Встановити та зняти деталь	-	0.005	ОНВ
2 Підведення та відведення ріжучого інструменту	0	0.06	ОНВ
3 увімкнути та вимкнути верстат	-	0.001	ОНВ
4 очистити верстат від стружки	-	0.07	ОНВ
5 Контрольні вимірювання	0.014	-	ОНВ
Разом	0.014	0.136	

Допоміжний час $T_{\text{доп}} = 0.136$ хв.

Розраховуємо оперативний час $T_{\text{оп}}$, хв;

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_{\text{доп}};$$

$$T_{\text{оп}} = 1.4689 + 0.136 = 1.6049$$

Визначаємо відсоток часу на обслуговування:

$$\alpha = 3\%$$

Визначаємо час на організаційно-технічне обслуговування, хв:

$$T_{\text{орг}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot \alpha}{100} = \frac{1.6049 \cdot 3}{100} = 0.048147.$$

Визначаємо відсоток часу на відпочинок:

$$\beta = 6\%.$$

Визначаємо час на відпочинок, хв:

$$T_{\text{відп}} = \frac{T_{\text{оп}} \cdot \beta}{100} = \frac{1.6049 \cdot 6}{100} = 0.096294$$

Визначаємо штучний час, хв:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{орг}} + T_{\text{відп.}};$$

$$T_{\text{шт}} = 1.4749 + 0.048147 + 0.096294 = 1.619341.$$

Визначаємо норму виробітку, шт:

$$N_{\text{в}} = \frac{T_{\text{з}}}{T_{\text{шт}}};$$

$$N_{\text{в}} = \frac{480}{1.619341} = 296$$

Розрахунок норм часу на інші операції проводимо аналогічно [1, 2].

Результати заносимо до табл. 2.8

Таблиця 2.8 – Норми часу і норми виробітку

Опер.	Основний час $T_{\text{о}}, \text{хв}$	Доп. Час $T_{\text{доп}}, \text{хв}$	Опер час $T_{\text{оп}}, \text{хв}$	α , %	β , %	Час на об- слугов. $T_{\text{орг}}, \text{хв}$	Час на відпоч. $T_{\text{відп.}}, \text{хв}$	Штучний час, хв	Норма виробітку $N_{\text{в}}, \text{шт}$
010	1.4689	0.136	1.6049	3	6	0.048147	0.096294	1.619341	296
015	1.3820	0,136	1,518	3	6	0,0455	0,0910	1,518	316
025	1,524	0,3048	1,828	3	6	0,0548	0,1097	1,6885	284
030	1.32840	0,152	1,4804	3	6	0,0444	0,0888	1,4616	328
060	0.5650	0,129	0,694	3	6	0,0208	0,0416	0,6274	764
065	0.8025	0,108	0,9105	3	6	0,0273	0,0546	0,8844	542
070	0.88650	0,055	0,9415	3	6	0,0282	0,0564	0,9712	494
075	0.88650	0,055	0,9415	3	6	0,0282	0,0564	0,9712	494
085	0.92130	0,076	0,9973	3	6	0,0299	0,0598	1,0110	474
090	0.6617	0,119	0,7807	3	6	0,0234	0,0468	0,7319	655
095	0.6617	0,119	0,7807	3	6	0,0234	0,0468	0,7319	655

Розділ 3 Конструкторська частина

3.1 Опис різального інструменту

Фреза черв'ячна модульна $m=4$, точністю класа AA. Призначена для обробки евольвентного профілю зубчастих коліс, кількість канавок для відведення стружки 14. Належить до високоточних інструментів, що забезпечує точність виготовлення зубців, згідно до вимог зазначених у 9325-73. Використовується під час операції 025 Зубофрезерування, на верстаті Liebherr LC180a.

Інструмент виготовлений із порошкової швидкорізальної сталі S390 із покриттям AlCrN (алюміній хром нітрид), що гарантує високу зносостійкість та витривалість при роботі із сталями і чавуном. Основна форма циліндрична, з нарізаними по гвинтовій лінії ріжучими зубами, які забезпечують поступове заглиблення в матеріал та зменшують ударні навантаження. Кут нахилу гвинтової лінії фрези $2^{\circ} 31'$, стружкові канавки прямі, передній кут 0° . На вершинах зубців наявні протуберанці розміром 0,12 мм на довжині 2 мм. Протуберанці використовуються для утворення піднутрення на зубцях оброблюваної деталі у зоні перехідної кривої. Таке технологічне рішення сприяє більш рівномірному розподілу навантаження при роботі зубчастої передачі, та дозволяє зменшити припуск на відділкових операціях (шліфування, шевінгування).

Фреза має отвір для кріплення на оправці $\varnothing 32$ мм, передача крутного моменту відбувається за допомогою шпонкового пазу, загальна довжина фрези 160 мм [8].

Робоче креслення фрези із вказанням технічних вимог наведено в додатках до роботи.

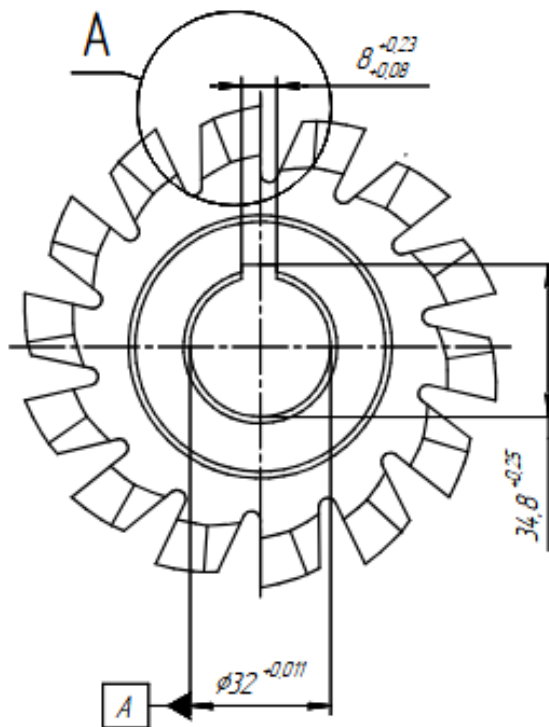
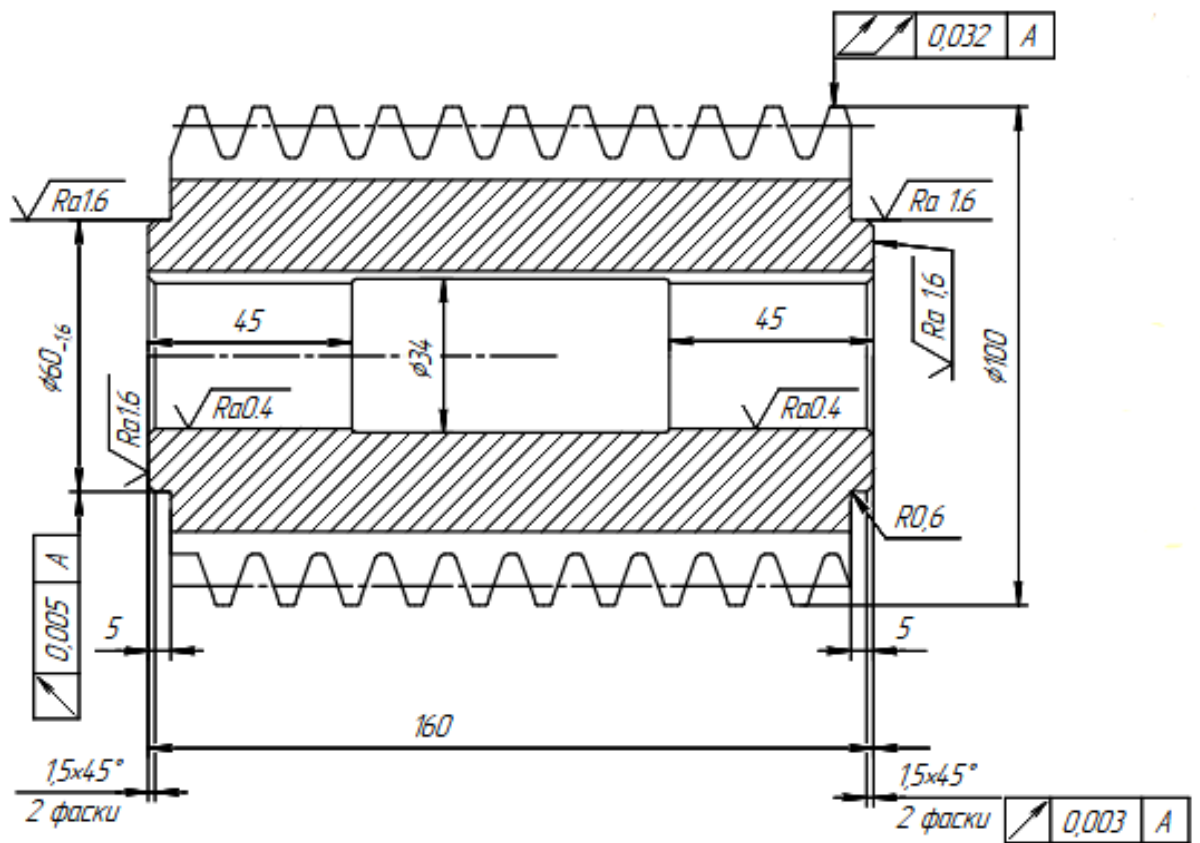


Рисунок 3.1 – Черв'ячна фреза.

3.2 Опис контрольного пристрою

Контрольний пристрій служить для контролю допуску на торцях шестерень.

Технічна характеристика пристрою наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1. – Технічна характеристика контрольного пристрою

Параметри пристрою	Значення параметру
Границі вимірювання, мм	0 – 1
Похибка на всій границі вимірювання, мм	0.0018
Варіація, мм	0.0005
Вимірювальне зусилля, кг	0.2 – 0.25
Габаритні розміри, мм	Ø 160x213

Склад пристрою:

1. Контрольний пристрій.
2. Індикатор типу МИГ-1 9696-82.
3. Контрольний зразок.
4. Контрольний зразок для настройки індикатора на нуль.

Короткий опис пристрою

Пристрій складається з основи поз. 9 у яку впресовано корпус поз. 3. На корпусі розташована виступаюча базова поверхня «Г», що слугує опорною для встановлення контрольованих деталей. У корпусі передбачено отвір, нахилений під кутом 15°, в який встановлюється індикатор поз. 21 через втулку поз. 24 та фіксується гвинтом поз. 23.

Щоб запобігти пошкодженню індикатора, передбачено захисний механізм. Він складається з верхнього кільця поз. 10, штовхачів поз. 8, скоби поз. 5, важеля поз. 4 та пружини поз. 22.

Перед початком контролю індикатор потрібно налаштувати за допомогою контрольного зразка. Перевірка прямолінійності зубців шестерні проводиться шляхом обертання її торця навколо власної осі. У процесі обертання ніжка індикатора поз. 21 торкається торця шестерні, а стрілка індикатора показує величину відхилення. Якщо значення не перевищує 0.012 мм, деталь вважається придатною.

Структурна схема пристрою наведена на рисунку 3.2.

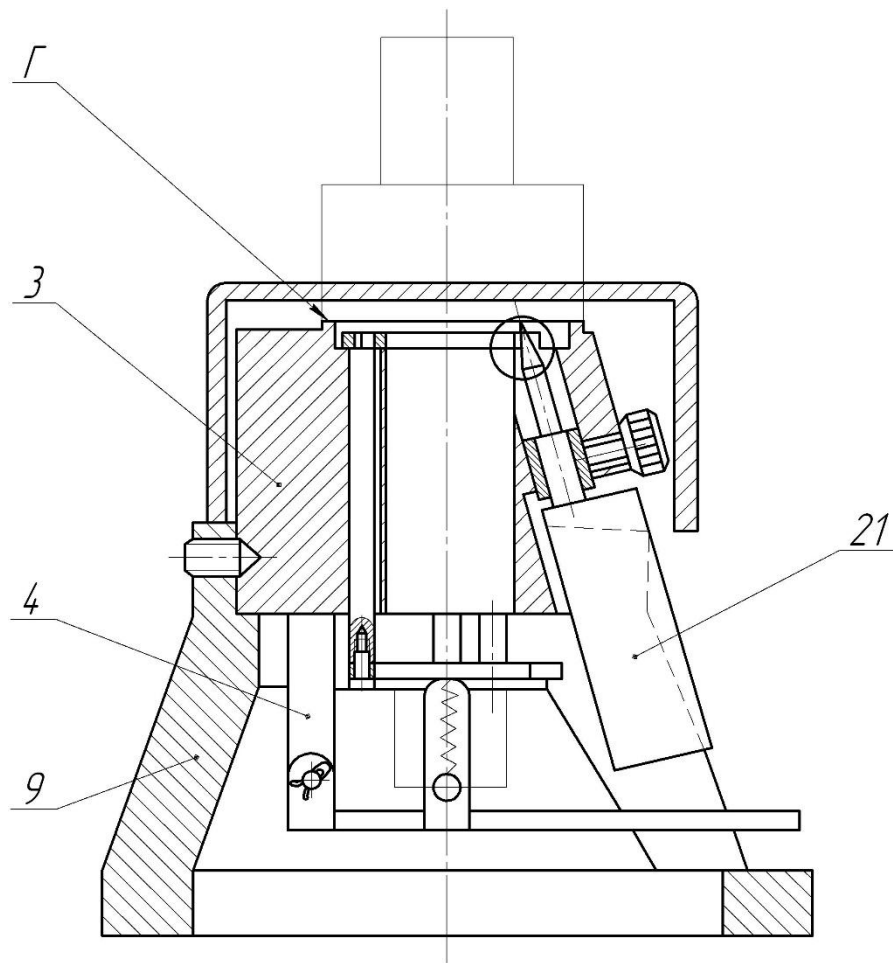


Рис 3.2 Структурна схема контрольного пристрою.

ВИСНОВКИ

В ході написання кваліфікаційної роботи було вивчено та проаналізовано конструкцію деталі, метод отримання заготовки, технологічний процес отримання Шестерні ведучої «НШ20М-4-00-01». Запропоновано раціоналізацію технологічного процесу. З метою скорочення трудомісткості обробки на 240, 245, 250, операціях, на яких виконується обробка зубів шестерні ведучої, обробка яких виконується на верстатах 58312, 5122, 5702В, запропоновано замінити верстат на Liebherr LC180a, який дозволяє виконувати всі ці три операції на одному верстаті. Зменшення трудомісткості дозволить зменшити собівартість продукції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні рекомендації до кваліфікаційної роботи / Укл.: І.І. Павленко, В.А. Мажара, К.К. Щербина, О.І. Скібінський. – Кроп-цький: ЦНТУ, 2021 – 42 с.
2. Технологія машинобудування. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з технології машинобудування для студентів спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / Укл.: І.І. Павленко, А.М. Артюхов, М.М. Підгаєцький, В.А. Мажара, М.О. Сторожук. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 68 с.
3. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування, – Львів: Магнолія, 2006.
4. Шестеренна гідромашина [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Шестеренна_гідромашина.
5. Гідроприводи та гідропневмоавтоматика: Підручник / В. О. Федорець, М. Н. Педченко, В. Б. Струтинський та ін. ; За ред. В. О. Федорця. – Київ: Вища школа, 1995. – 463 с.
6. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок, - Львів: Світ, 1996 – 368с.
7. Методичні рекомендації до виконання самостійних робіт з дисципліни: «Технологія обробки типових деталей та складання машин». Для здобувачів спеціальностей: 131 Прикладна механіка, 133 Галузеве машинобудування / Укл.: О.І. Скібінський, В.М. Селехова. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 93 с.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДТУ, 2002.

ДОДАТОК А

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

КОМПЛЕКТ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

Виконав здобувач вищої освіти
гр. ПМ(ТМ)-21

Віталій ПОПОВ

Керівник роботи

Антон АПАРАКІН

Завідувач кафедри

Андрій ГРЕЧКА

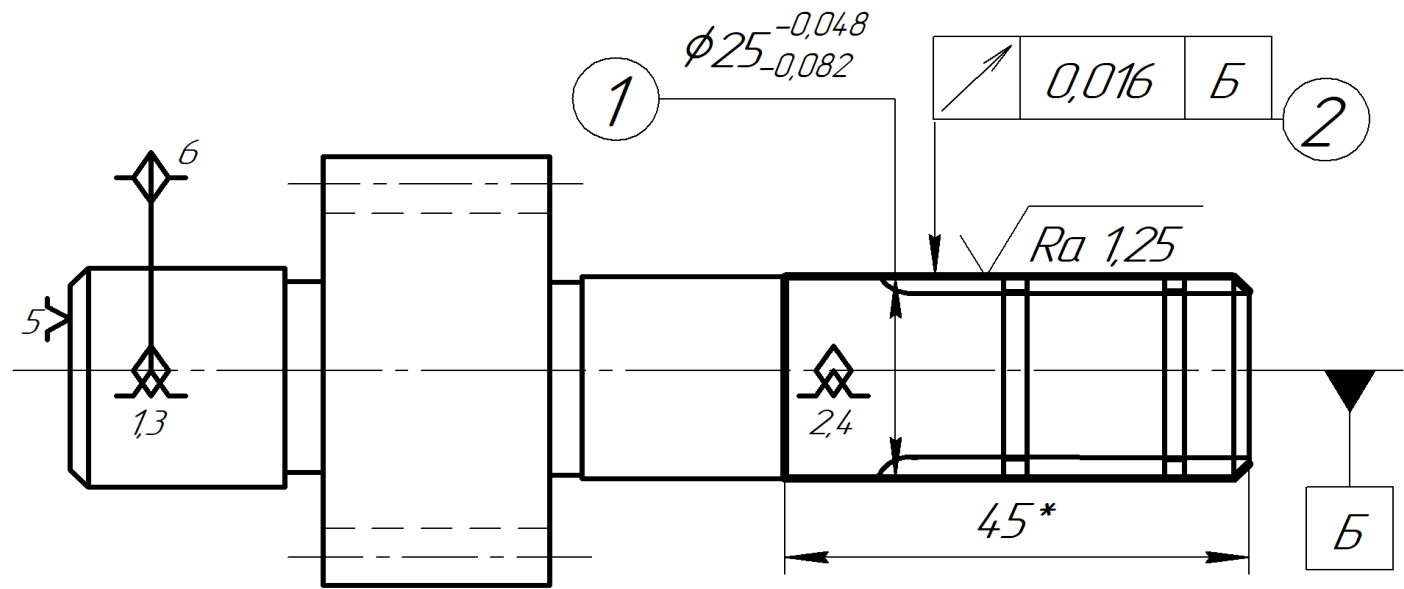
Кропивницький 2025

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

НШ20М-4-00-00				1	1
---------------	--	--	--	---	---

Розроб.	Попов В.Ю.
Перев.	Апаракин А.Р.
Н.контр.	

ЦНТУ	НШ20М-4-00-01				
ШЕСТЕРНЯ ВЕДУЧА					065



* Розміри для довідок

Дубл.			
Взам.			
Подл.			

НШ20М-4-00-00

1

1

Розроб.	Попов В.Ю.		
Перев.	Апаракін А.Р.		

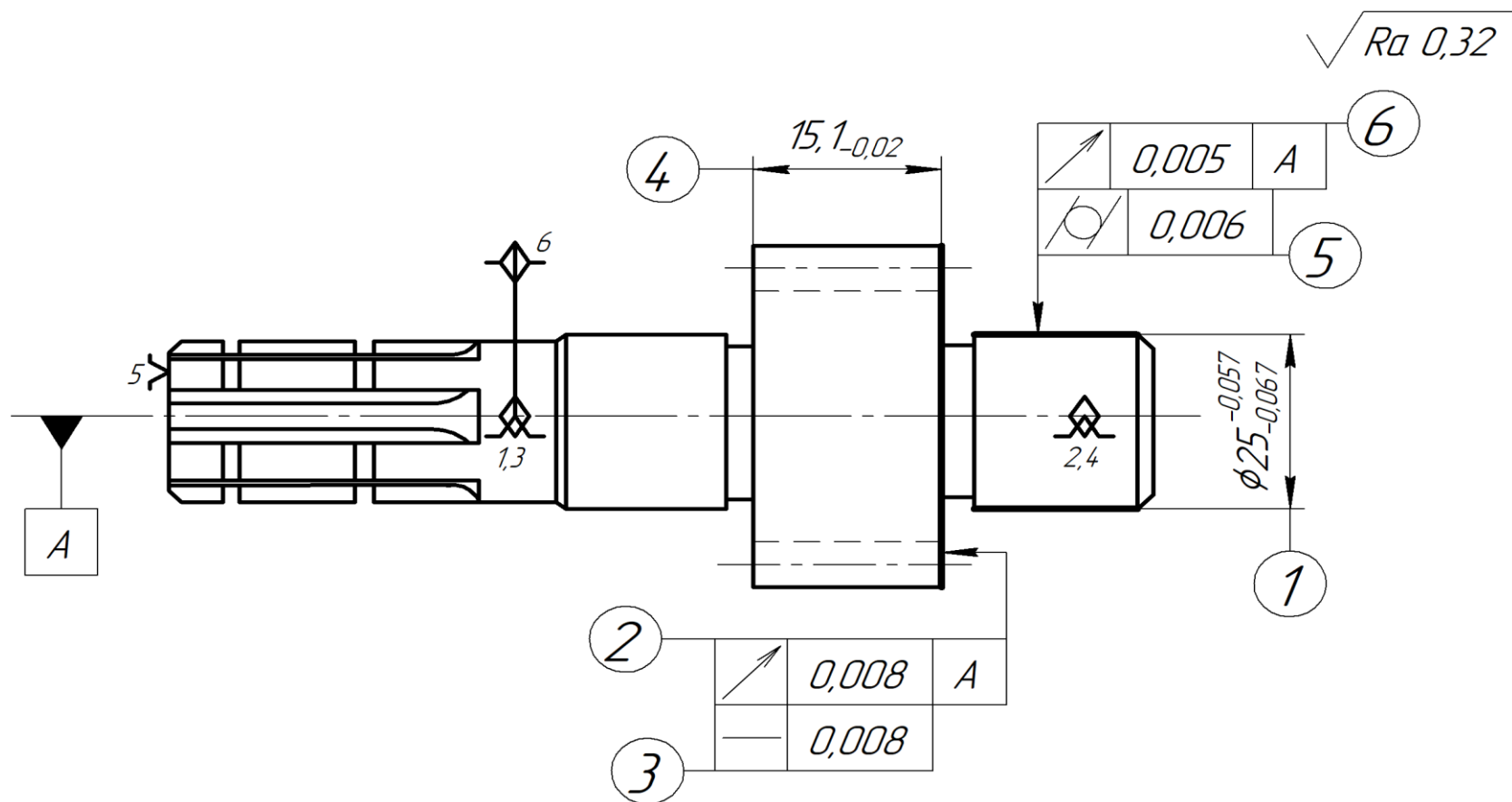
ЦНТУ

НШ20М-4-00-01

Н.контр.			
----------	--	--	--

ШЕСТЕРНЯ ВЕДУЧА

070

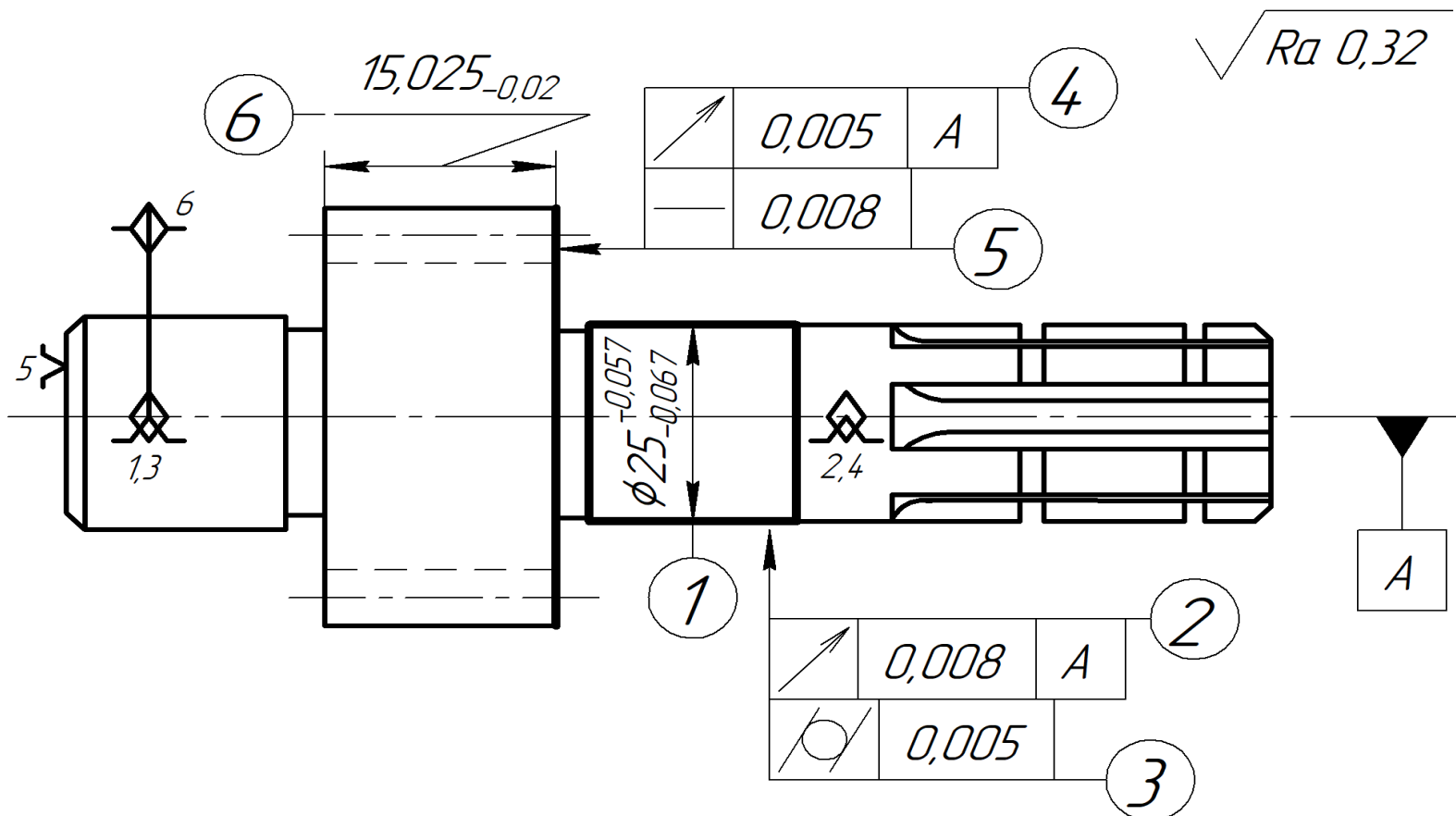


Дубл.			
Взам.			
Подл.			

НШ20М-4-00-00				1	1
---------------	--	--	--	---	---

Розроб.	Попов В.Ю.
Перев.	Апаракін А.Р.
Н.контр.	

ЦНТУ	НШ20М-4-00-01			
ШЕСТЕРНЯ ВЕДУЧА				075



Дубл.			
Взам.			
Подл.			

НШ20М-4-00-00				1	1
---------------	--	--	--	---	---

Розроб.	Попов В.Ю.
Перев.	Апаракін А.Р.

ЦНТУ

НШ20М-4-00-01

Н.контр.	
----------	--

ШЕСТЕРНЯ ВЕДУЧА

095

