

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

«Допущено до захисту»

Завідувач кафедри ММіР

к.т.н., доцент

_____ Андрій ГРЕЧКА

«_____» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

**«Розробка технологічного процесу механічної
обробки деталі шестерня НШ20М-4-00-01-04»**

Виконав здобувач вищої освіти 3мб курсу
групи ПМ-23мб-3

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

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Олег ФЕДОРОВ

Керівник роботи: к.т.н., ст. викладач

_____ Антон АПАРАКІН

Рецензент: к.т.н., доц.

_____ Любов ОЛІЙНИЧЕНКО

Кропивницький 2026

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

« ____ » _____ 2026 р.

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

Федорова Олега Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня НШ20М-4-00-01-04

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

3. Строк подання роботи до захисту « ____ » червень 2026 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи:

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня НШ20М-4-00-01-04 задля підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості продукції, при забезпеченні вимог точності та якості.

Завдання:

- проаналізувати базовий технологічний процес обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04, запропонувати раціоналізаторські заходи по 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 контрольно-вимірювального 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		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1	ВСТУП	Травень 2026	вик.
2	РОЗДІЛ 1	Травень 2026	вик.
3	РОЗДІЛ 2	Травень 2026	вик.
4	РОЗДІЛ 3	Червень 2026	вик.
5	ВИСНОВКИ	Червень 2026	вик.
6	Графічна частина та оформлення	Червень 2026	вик.

Дата видачі завдання « » 2026 р.

Керівник роботи _____ АНТОН АПАРАКІН
(підпис)

Завдання прийнято до виконання « » _____ 2026 р.

Здобувач _____ Олег ФЕДОРОВ
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Федоров О. С. Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня НШ20М-4-00-01-04 : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 131 Прикладна механіка / наук. кер. А. Р. Апаракін ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. - Кропивницький : ЦНТУ, 2026. 41 с.

Кресленників – разом 3 аркуші формату А1.

Метою є вдосконалення технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04 задля підвищення ефективності виробництва, зниження собівартості продукції, при забезпеченні вимог точності та якості.

Актуальність роботи продиктована широким застосуванням шестеренних гідравлічних машин у техніці. Деталь шестерня ведуча є основною складовою качаючого вузла обумовлених гідравлічних машин, тому розробка вдосконаленого технологічного процесу механічної обробки деталі є актуальною технічною задачею.

В роботі виконано аналіз базового технологічного процесу і визначено його недоліки, проведено аналіз конструкції деталі та визначено параметри заготовки. Здійснено підбір металорізальних верстатів, різальних інструментів, виконано розрахунок припусків, технічне нормування операцій, розроблено конструкцію різального інструменту та контрольного пристосування.

технологічний процес, шестерня ведуча, шестеренний насос, різець, механічна обробка

ANNOTATION

Fedorov O. S. Development of a technological process for machining a gear part NSh20M-4-00-01-04 : qualifying bachelor's thesis : spec. 131 Applied mechanics / scientific director A. R. Aparakin; Central Ukrainian National Technical University - Kropyvnytskyi: CUNTU, 2026. 41 p.

Drawings - a total of 3 sheets of A1 format.

The purpose of the work is to improve the technological process of machining the part of the driving gear NSh20M-4-00-01-04 in order to increase production efficiency, reduce the cost of production, while ensuring the requirements of accuracy and quality.

The relevance of the work is dictated by the wide use of gear hydraulic machines in technology. The driving gear part is the main component of the pumping unit of the specified hydraulic machines, therefore, the development of an improved technological process of machining the part is a relevant technical task.

The work analyzes the basic technological process and identifies its shortcomings, analyzes the design of the part and determines the parameters of the workpiece. The selection of metal-cutting machines, cutting tools, calculation of allowances, technical standardization of operations, the design of the cutting tool and control device is developed.

technological process, drive gear, gear pump, tool bit, mechanical processing

Центральноукраїнський національний технічний університет

Механіко-технологічний факультет

Кафедра машинобудування, мехатроніки і робототехніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи на тему:

**«Розробка технологічного процесу механічної обробки деталі
шестерня НШ20М-4-00-01-04»**

КРБ.ПМ.26.81.23.00.00

Виконав здобувач вищої освіти 3мб курсу
групи ПМ-23мб-3

ОПП «Комп'ютерний інжиніринг
технологій, робототехніка і 3D-друк»
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

_____ Олег ФЕДОРОВ

Керівник роботи к.т.н., ст. викл.

_____ Антон АПАРАКІН

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Вихідні та розрахункові данні	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, розробка і обґрунтування нового технологічного процесу	15
2.3 Вибір технологічних баз	19
2.4 Технічна характеристика вибраного обладнання	20
2.5 Розрахунок припусків	22
2.6 Вибір різального інструмента	24
2.7 Розрахунок режимів різання та основного часу	26
2.8 Визначення норм часу	32
3 Конструкторська частина	35
3.1 Опис різального інструменту	35
3.2 Опис контрольного пристрою	38
Висновки	40
Перелік використаних джерел	41

ВСТУП

Машинобудування поставляє техніку всім галузям господарства, являється індикатором технічного прогресу країни та суттєво впливає на стан матеріально-технічної бази суспільства.

Ринкова економіка Україні вимагає підвищеного рівня технології, змін конструкції виробів та вдосконалення методів їх виготовлення.

Сукупність задач, направлених на вдосконалення технології, носить неформальний, творчий характер, що обумовлює різноманітність інженерних рішень, успіх визначається чітким уявленням всього спектру можливих рішень і умінням відібрати з цієї маси найкращі.

При розробці технологічних процесів враховуються різні чинники:

- виробничі (об'єм випуску, форма і структура виробництва);
- планово-економічні (продуктивність праці, собівартість продукції);
- технологічні (методи виготовлення, технологічне обладнання, якість продукції);
- ринкові (стан ринку, технологічний потенціал підприємства);

Здійснення технологічної діяльності в конкретних виробничо-економічних і організаційних умовах не можливе без впровадження актуальних передових технологій, які підвищують ефективність виробництва.

Метою кваліфікаційної роботи є вдосконалення заводського технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня НШ20М-4-00-01-04.

У роботі необхідно проаналізувати базовий технологічний процес обробки деталі та розробити раціоналізований технологічний процес - зі скороченням кількості операцій, задіяних робітників, часу на виробництво. Головною метою такої раціоналізації є підвищення ефективності виробництва, тобто зниження собівартості продукції, яка виробляється, при забезпеченні вимог точності та якості.

1 Вихідні та розрахункові дані

1.1 Обґрунтування типу виробництва

Тип виробництва - це класифікаційна категорія, що залежить від широти номенклатури, регулярності, стабільності та обґрунтування виробів [1, 2, 3].

Тип виробництва можна визначити в залежності від програми виготовлення деталі, її маси за даними наведеними у таблицях.

Більш точно визначити тип виробництва можна розрахувавши коефіцієнт закріплення операції [2]:

$$K_{з.о.} = \frac{t_{\theta}}{T_{шт.ср}},$$

де: t_{θ} – такт випуску.

$T_{шт.ср}$ – середній штучний час операцій по заводському технологічному процесу, хв

$$t_{\theta} = \frac{F_{\theta} \cdot 60}{N_{\theta}};$$

де F_{θ} - дійсний фонд часу роботи обладнання – 3758 год. (при двозмінному режимі роботи);

$N_{\theta} = 50000$ шт – програма випуску продукції.

$$t_{\theta} = \frac{3758 \cdot 60}{50000} = 4,5 \text{ хв}.$$

Середній штучний час $T_{шт.ср}$ визначаємо по формулі:

$$T_{шт.ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{шт} (i)}{n},$$

де $\sum_{i=1}^n T_{шт} (i)$ – сума штучних часів технологічних операцій заводського технологічного процесу.

n – кількість операцій заводського технологічного процесу.

Значення штучних часів за окремими операціями базового технологічного процесу наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Штучні часи на операції механічної обробки

Номер операції	Назва операції	Штучний час, хв
205	Фрезерно-центрувальна	0,65575
210	Токарно-копіювальна	0,8944
215	Токарно-копіювальна	1,08713
220	Вертикально-свердлильна	0,3672
225	Токарно-копіювальна	0,84004
230	Токарно-копіювальна	0,52281
235	Токарно-копіювальна	0,51726
240	Зубофрезерна	4,8608
245	Зубодовбальна	4,74145
250	Зубошевінгувальна	3,20458
255	Шліцефрезерна	1,3284
296	Круглошліфувальна	0,432
300	Круглошліфувальна	0,603
305	Круглошліфувальна	0,8025
310	Круглошліфувальна	0,807
315	Торцекруглошліфувальна	0,58650
320	Торцекруглошліфувальна	0,744
325	Торцекруглошліфувальна	0,555
330	Торцекруглошліфувальна	0,702
350	Суперфінішна	0,835
355	Доводочна	0,6617
360	Доводочна	0,6617
Разом		26,41

Визначаємо $T_{шт.ср}$:

$$T_{шт.ср} = \frac{26,41}{24} = 1,1 \text{ хв}$$

Визначаємо $K_{з.о}$:

$$K_{з.о} = \frac{4,5}{1,1} = 4,04.$$

Так як коефіцієнт $K_{з.о}$. лежить в межах від 2 до 10 (згідно таблиці 1.2), приймаємо крупносерійний тип виробництва.

В крупносерійному виробництві використовуються універсальні верстати та спеціальне спорядження. Технологічний процес виготовлення виробу розподіляється на самостійні операції (диференціальний принцип).

Обладнання розташовано за технологічною ознакою. Кваліфікація робітників вища, ніж у масовому типі виробництва, кількість працюючих більша.

Таблиця 1.2 – Тип виробництва

Тип виробництва	Значення <i>Кз.о.</i>
Масовий	від 1 до 2 включно
Крупносерійний	від 2 до 10 включно
Середньо серійний	від 10 до 20 включно
Дрібносерійний	від 20 до 40 включно

Крупносерійному виробництву характерний випуск різноманітних деталей, повторюваність, використання здебільшого спеціального устаткування, технологічного оснащення, інструментів і транспортних засобів, низький рівень механізації та автоматизації. Технологічні процеси розробляються детально.

1.2 Опис об'єкта виробництва

Шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04 із шліцами входить у вузол, який призначений для подачі робочої рідини в гідравлічні системи дорожніх, сільськогосподарських, підйомно-транспортних та інших машин.

Вузол складається із деталей: ведуча вал-шестерня, ведена вал-шестерня, корпус, втулки (4 шт.), кришка [4, 5].

Технічна характеристика насосу НШ20М-4 наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика насосу

Найменування параметру	Норма
Кількість робочих камер	2
Номинальний робочий об'єм однієї камери, см ³	20
Номинальний тиск, МПа	20
Максимальний тиск, МПа	25
Номинальна подача однієї камери, л/хв	42,9
Номинальна частота обертання, с ⁻¹	40
Максимальна частота обертання, с ⁻¹	60
Мінімальна частота обертання, с ⁻¹	8,3
Коефіцієнт подачі, не менше	0,94
Маса, кг, не більше	4
Габаритні розміри, мм	152×148×134

1.3 Опис конструкції та технологічний аналіз заданої деталі

Шестерня виготовляється як одне ціле з цапфами різної довжини. Цапфи закріплені і обертаються у підшипниках кочення. Ведуча шестерня, на відміну від веденої, немає в своїй конструкції центрального наскрізного отвору. Шестерня має на правій шийці три канавки. Два торця зубчатого вінця призначені для піджима компенсаторами в момент роботи насосу. В торцях цапф є центрові отвори, які служать конструкторськими та технологічними базами на більшості операцій. При роботі деталь сприймає великі навантаження від крутного моменту та сил тиску робочої рідини. Матеріал для виготовлення деталі приймаємо – сталь 18ХГТ. Дану сталь рекомендовано використовувати для виготовлення відповідальних деталей, робота яких пов'язана із великими швидкостями, середнім та високим питомим тиском та ударними навантаженнями.

Хімічний склад матеріалу наведено в таблиці 1.4.

Механічні властивості матеріалу наведені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад матеріалу

Марка матеріалу	Склад елементів, %						
	C	Cr	Mn	Ti	S	Cu	Ni
Сталь 18ХГТ	0,17-0,23	1,0-1,3	0,8-1,1	0,03-0,09	0,035	0,3	0,3

Таблиця 1.5 – Механічні властивості

Марка матеріалу	Спосіб виготовлення	GB	QB	Твердість, HB
Сталь 18ХГТ	Поковка	980	880	207

Завдяки фізико-хімічним характеристикам та конструкційній міцності, деталь повністю придатна для цільового використання в агресивних експлуатаційних умовах.

Проводимо аналіз конструкції деталі на технологічність [1, 2].

За хімічним складом, механічними характеристиками та призначенням матеріал відповідає експлуатаційному призначенню деталі. Деталь має

ступінчасту форму; одна із поверхонь – зубчата. Належить до деталей класу «тіла обертання». На основі вивчення умов роботи деталі можна зробити висновок, що в заміні матеріалу необхідності немає.

Деталь має достатню шорсткість та точність. В конструкції деталі відсутні бурти і фланці, що дозволяє застосовувати точіння прохідним різцем. Зменшення розмірів діаметральних поверхонь до кінців валу не виявлено.

На правому кінці валу знаходяться шліци, необхідні для передачі обертального руху. Виходячи з умов обробки та експлуатації деталі, її конструкція передбачає наявності канавок: одна – для виходу шліфувального круга в момент одночасного шліфування цапфи і торця зубчатого вінця, дві – на шліцевій частині – для установки стопорних кілець, канавки мають стандартні розміри. В цілому деталь можна вважати достатньо технологічною.

Деталь має взаємозв'язок точності та шорсткості. Конструкція деталі технологічна, але має не технологічні елементи, такі як великий перепад діаметрів, але замінити їх неможливо.

Аналіз деталі по точності наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Аналіз точності деталі

Назва поверхні	Розмір, поле допуску, квалітет	Допуск на розмір, мм	Допуск форми та розташування	Шорсткість поверхні Ra, мкм
ЗЦП	$\varnothing 25 \begin{smallmatrix} (-0.115) \\ (-0.130) \end{smallmatrix}$	0,015	 0.006  0.005 D	0,16
ЗШП	$\varnothing 21,806 \begin{smallmatrix} (-0.05) \end{smallmatrix}$	0,05	 0.016 D	1,25
Зубчатий вінець	$\varnothing 54,1g7 \begin{smallmatrix} (-0.01) \\ (-0.04) \end{smallmatrix}$	0,03	 0.01 D	1,25
Торці зубчатого вінця	$15,02 \begin{smallmatrix} (-0.02) \end{smallmatrix}$	0,02	 0.008  0.008 D	0,16
Канавки	$\varnothing 18h14 \begin{smallmatrix} (-0.43) \end{smallmatrix}$	0,43	в межах допуску на розмір	3,2
Торці	$122,5 h13 \begin{smallmatrix} (-0.63) \end{smallmatrix}$	0,63	в межах допуску на розмір	12,5

1.4 Вибір заготовки

Вихідні дані:

Деталь – шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04.

Маса деталі – 0,56 кг (з креслення деталі)

Габаритні розміри – Ø32×Ø58,5×140,8 мм

Матеріал деталі – сталь 18ХГТ

Тип виробництва – крупносерійний.

Вид заготовки приймаємо, виходячи з вихідних даних: поковка, отримана методом кування на горизонтально-ковочних машинах (ГКМ).

Дану деталь, шестерню ведучу НШ20М-4-00-01-04 при крупносерійному виробництві доцільно виконати методом кування використовуючи ГКМ, що дозволяє підвищити точність розмірів, збільшити якість, та продуктивність [1, 2, 6].

Цей метод отримання заготовки задовольняє вимогам до даної деталі.

Призначаємо допуски та граничні відхилення на розміри заготовки. Дані наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Припуски на обробку та розміри заготовки

Назва поверхні	Розмір деталі, мм	Загальний припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
ЗЦП	$\varnothing 25 \begin{smallmatrix} (-0.115) \\ (-0.130) \end{smallmatrix}$	7	2,2	$\varnothing 32 \begin{smallmatrix} (+1.4) \\ (-0.8) \end{smallmatrix}$
Зубчатий вінець	$\varnothing 54,1g7 \begin{smallmatrix} (-0.01) \\ (-0.04) \end{smallmatrix}$	4,4	2,4	$\varnothing 58,5 \begin{smallmatrix} (+1.6) \\ (-0.8) \end{smallmatrix}$
Торці зубців	$15,02 \begin{smallmatrix} (-0.02) \end{smallmatrix}$	5	2,4	$\varnothing 20,02 \begin{smallmatrix} (+1.6) \\ (-0.8) \end{smallmatrix}$
Торці	$128,5 h13 \begin{smallmatrix} (-0.63) \end{smallmatrix}$	12,3	2,4	$140,8 \begin{smallmatrix} (+1.6) \\ (-0.8) \end{smallmatrix}$

Маса заготовки $m_3=1,13$ кг;

Розраховуємо коефіцієнт використання заготовки:

$$K_{вз} = \frac{m_d}{m_3}$$

де $m_d=0,56$ кг – маса деталі;

$$K_{вз} = \frac{0.560}{1.13} = 0,49$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{B.M.} = \frac{m_{\phi}}{H_{B.M.}}$$

Визначають норму витрат матеріалу $H_{B.M.}$ із врахуванням неминучих технологічних витрат:

$$H_{B.M.} = m_3 + m_{\text{відх}},$$

де: $m_{\text{відх}}$ – маса відходів, кг.

Приймаємо $m_{\text{відх}}$ 7% від m_3 .

$$m_{\text{відх}} = m_3 \cdot 7\% = 0,079;$$

$$H_{B.M.} = 1,13 + 0,079 = 1,409 \text{ кг},$$

$$K_{B.M.} = \frac{0,56}{1,409} = 0,4$$

Значення K_{B3} та $K_{B.M.}$ відповідають крупносерійному типу виробництва. Заготовка та метод її отримання вибрані правильно.

Креслення заготовки наведено в додатках до роботи.

2 Технологічна частина

2.1 Вибір методів завершальної обробки

Керуючись вимогами до точності й шорсткості поверхонь, за таблицями економічної точності [1, 2] встановлено методи їхньої остаточної обробки, які наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Методи завершальної обробки

Назва поверхні	Розмір поверхні, мм	Допуск, мм	Шорсткість Ra, мм	Методи завершальної обробки			Економічна точність
				За точністю	За шорсткістю	Прийнятий	
ЗЦП	$\varnothing 25$ $\left(\begin{smallmatrix} -0.115 \\ -0.130 \end{smallmatrix} \right)$	0,015	0,16	Шліфув. тонке	Суперфініш	Суперфініш	0,009
ЗШП	$\varnothing 21,806$ $\left(\begin{smallmatrix} -0.05 \end{smallmatrix} \right)$	0,05	1,25	Шліфув. чистове	Шліфув. чистове	Шліфув. чистове	0,021
Зубчатий вінець	$\varnothing 54,1g7$ $\left(\begin{smallmatrix} -0.01 \\ -0.04 \end{smallmatrix} \right)$	0,03	1,25	Шліфув. чистове	Шліфув. чистове	Шліфув. чистове	0,03
Торці зубчатого вінця	15,02 $\left(\begin{smallmatrix} -0.02 \end{smallmatrix} \right)$	0,02	0,16	Шліфув. чистове	Шліфув. тонке	Шліфув. тонке	0,019
Канавки	$\varnothing 18h14$ $\left(\begin{smallmatrix} -0.43 \end{smallmatrix} \right)$	0,43	3,2	Точіння чорнове	Точіння чистове	Точіння чистове	0,43
Торці	122,5 h13 $\left(\begin{smallmatrix} -0.63 \end{smallmatrix} \right)$	0,63	12,5	Фрезер. чорнове	Фрезер. чорнове	Фрезер. чорнове	0,4

Прийняті методи остаточної обробки повністю відповідають критеріям точності та якості поверхонь деталі [7].

2.2 Аналіз вихідного, розробка і обґрунтування нового технологічного процесу

Деталь шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04 виготовляється на базовому підприємстві ВАТ «Гідросила» за робочим технологічним процесом. Цей технологічний процес є комплексним технологічним процесом і включає операції механічної обробки, транспортування, промивки. Технологічний процес забезпечує точність та якість поверхонь деталі, що задані на кресленні.

Для встановлення та закріплення деталі на верстаті вирішенні питання базування із дотриманням принципів розподілу чорнової бази, єдності конструкторської, технологічної та вимірювальної баз, постійності баз на всіх операціях техпроцесу.

Обране устаткування відповідає вимогам типу виробництва, вибраним методам обробки та параметра точності заданих операцій, для обробки деталі використовується продуктивний різальний інструмент (стандартний, універсальний, спеціальний, комбінований) переважно с пластинками твердого сплаву, підібрані режими різання дозволяють використовувати потужність вибраного обладнання і забезпечують достатньо високу продуктивність праці.

Операції забезпеченні сучасним технологічним устаткуванням, відповідним допоміжним інструментом, універсальними, спеціальними або спеціалізованими пристроями, переважно із швидко діючими пневматичними і гідравлічними приводами. Технологічний процес переважно побудований за принципами концентрації.

В цілому, заводський техпроцес відповідає крупносерійному типу виробництва, побудований правильно, тому прийнятий за основу при розробці технологічного процесу в даній роботі.

В цей же час, для підвищення ефективності процесу обробки деталі, пропонується раціоналізація.

Згідно діючого технологічного процесу механічної обробки шестерні ведучої НШ20М-4-00-01-04 операція 240 (зубофрезерна) фрезерування зубців шестерні виконується на зубофрезерному верстаті ВС-12-720 та операція 245 (зубодовбальна) довбання зубців шестерні, яка виконується на зубодовбальному верстаті 5122. В якості раціоналізації технологічного процесу пропоную замінити ці операції на зубофрезерну операцію, з використанням спеціальної черв'ячної фрези з модифікованим профілем зубців на зубофрезерному верстаті 5В312.

В результаті заміни двох верстатів одним, зменшується основний та допоміжний час, що дає змогу зменшити собівартість, збільшити продуктивність праці.

Розроблений технологічний процес наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Технологічний процес виготовлення деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04

Номер, назва та зміст операції	Тип та модель верстату	Верстатний пристрій
001 Транспортувальна Транспортувати заготовки на механічну дільницю.	Автопогрузчик АВ-2	—
005 Фрезерно-центрувальна Позиція І Встановити і закріпити заготовку. Позиція ІІ 1. Фрезерувати торці 1,2 одночасно. Позиція ІІІ 2. Центрувати 2 отвори 3 одночасно;	Фрезерно-центрувальний МР-77	Пристрій пневматичний 7270-4008
010 Токарно – копіювальна 3 копіювального супорта 1. Точити поверхні 4,5,6 послідовно; 3 поперечного супорта 2. Підрізати торець вінця 7.	Токарно-гідрокопіювальний СА023	Пристрій пневматичний 7107-4021
015 Токарно – копіювальна 3 копіювального супорта 1.Точити поверхні 8,9 послідовно; 3 поперечного супорта 2. Підрізати торець вінця 10.	Токарно-гідрокопіювальний СА023	Пристрій гідравлічний 7375-4029
020 Вертикально-свердлильна Установ А 1.Зенкувати поверхню 3; Установ Б Перевстановити та закріпити. 2. Зенкувати другу поверхню 3.	Вертикально-свердлильний 2Н118	Пристрій гідравлічний 7304-4004
025 Токарно – копіювальна 3 поперечного супорта 1. Підрізати торці вінця 7,10 одночасно; 3 спеціального супорта 2. Врізати дві канавки 11 одночасно.	Токарно-гідрокопіювальний СА023	Пристрій гідравлічний 7032-4194
030 Токарно – копіювальна 1. Врізати канавку 12. 2. Точити шліцеву поверхню 9.	Токарно-гідрокопіювальний СА023	Пристрій гідравлічний 7032-4194

Продовження таблиці 2.2

Номер, назва та зміст операції	Тип та модель верстату	Верстатний пристрій
035 Токарно – копіювальна 1. Точити 2 поверхні 5,9 одночасно; 2. Врізати канавки 14,15.	Токарно-гідрокопіювальний СА023	Пристрій гідравлічний 7032-4194
040 Зубофрезерна 1. Фрезерувати зубці 16.	Зубофрезерний 5В312	Пристрій гідравлічний 7533-4059
045 Зубошевінгувальна 1. Шевінгувати зубці 16.	Зубошевінгувальний 5702В	Пристрій гідравлічний 7030-4081
050 Шліцефрезерна 1. Фрезерувати шліци 17.	Шліцефрезерний 5350А	Пристрій гідравлічний 7067-4120
055 Промивка Промити деталі.	Мийна машина ГМ752	_____
060 Контрольна Перевірити розміри.	Контрольний стіл ГМ 1765	_____
061 Транспортувальна Транспортувати деталі в цех.	Електропогрузчик ЕВ-2 02202	-
065 Насищення дифузійне	S122	-
070 Очищення дробеструйне	-	-
071 Транспортувальна Транспортувати деталі на дільницю зборки.	Електропогрузчик ЕВ-2 02202	-
075 Круглошліфувальна Розкатати два центровочних отвори 3.	Круглошліфувальний 3А151	Пристрій спеціальний 7067-4004
080 Круглошліфувальна Шліфувати зубчатий вінець 4.	Круглошліфувальний 3А151	Пристрій спеціальний 7067-4004
085 Круглошліфувальна Шліфувати шліцьову шейку 13 (Попередньо).	Круглошліфувальний 3М151	Пристрій спеціальний 7067-4120
090 Круглошліфувальна Шліфувати шліцьову шейку 13 (Остаточно).	Круглошліфувальний 3М151	Пристрій спеціальний 7067-4120
095 Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати торець вінця 7, цапфу 5 одночасно. (Попередньо)	Торцекруглошліфувальний SASE 200/05	Пристрій спеціальний 7032-0030
100 Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати торець вінця 10, Цапфу 9 одночасно. (Попередньо)	Торцекруглошліфувальний SASE 200/05	Пристрій спеціальний 7032-0030
105 Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати торець вінця 7, цапфу 5 одночасно.(Остаточно)	Торцекруглошліфувальний SASE 200/05	Пристрій Спеціальний 7032-0030
110 Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати торець вінця 10, цапфу 9 одночасно. (Остаточно)	Торцекруглошліфувальний SASE 200/05	Пристрій спеціальний 7032-0030

Продовження таблиці 2.2

Номер, назва та зміст операції	Тип та модель верстату	Верстатний пристрій
115 Очистка- електрохімічна Притупити гострі кромки по профілю зубців	Установка електрохімічна ГМ3203	Пристрій спеціальний 7890-4422
120 Промивка Промити деталі.	Машина мийна ГМ 725	—
125 Суперфінішна 1. Суперфініширувати дві шейки 5,9 одночасно.	Безцентрово- суперфінішний 3879	Пристрій спеціальний 7662-4116
130 Доводочна Довести торець 7.	Круглошліфувальний 3Б12	Пристрій спеціальний 7162-4042
135 Доводочна Довести торець 10.	Круглошліфувальний 3Б12	Пристрій спеціальний 7162-4042
140 Заточна Заточити торець шейки під таврування.	Заточний 3В642	—
145 Зачистка Протерти всі поверхні і центровочні отвори	Верстак ГМ 1765	—
150 Контрольна Перевірити розміри	Контрольний стіл ГМ 1765	—
151 Транспортувальна Транспортувати деталі на дільницю зборки	Електропогрузчик ЕВ-678	—

2.3 Вибір технологічних баз

Точність виготовлення деталі залежить від вірного вибору технологічних баз. При виборі баз необхідно дотримуватись принципів базування [1, 2, 7]:

- принцип розподілення чорнової, чистової бази;
- принцип єдності технологічної та вимірювальної баз;
- принцип постійності баз на протязі технологічного процесу.

Для чорнової бази вибираємо поверхню, що має найменший припуск на механічну обробку і забезпечує вимоги до якості, чистоти, точності форми та розмірів. При виборі чистових баз користуємось принципом запобігання деформації деталі, надійності та простоти конструкції пристрою та не припустимості повторного використання чорнових баз. Результати вибору баз

для операції механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04 наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вибір технологічних баз

Номер та назва операцій	Модель верстату	Технологічні бази	Число відібраних ступенів свободи
005 Фрезерно-центрувальна	МР-77	ЗЦП, торець зубчатого вінця	5
010 Токарно-копіювальна	СА023	Центрові отвори, ЗЦП	5
015 Токарно-копіювальна	СА023	Центрові отвори, торець зубчатого вінця, ЗЦП	5
020 Вертикально-свердлильна	2Н118	Центровий отвір, ЗЦП	5
025 Токарно-копіювальна	СА023	Центрові отвори, ЗЦП	5
030 Токарно-копіювальна	СА023	Центрові отвори, ЗЦП	5
035 Токарно-копіювальна	СА023	Центрові отвори, ЗЦП	5
040 Зубофрезерна	5В312	Торець, Центрові отвори	5
045 Зубошевінгувальна	5702В	Центрові отвори	5
050 Шліцефрезерна	5350А	Центрові отвори, ЗЦП	5
075 Круглошліфувальна	3А151	Зубчатий вінець, Центрові отвори	5
080 Круглошліфувальна	3А151	Центрові отвори, ЗЦП	5
085 Круглошліфувальна	3М151	Центрові отвори, ЗЦП	5
090 Круглошліфувальна	3М151	Центрові отвори, ЗЦП	5
095 Торцекруглошліфувальна	SASE 200/05	Центрові отвори, ЗШП	5
100 Торцекруглошліфувальна	SASE 200/05	Центрові отвори, ЗЦП	5
105 Торцекруглошліфувальна	SASE 200/05	Центрові отвори, ЗШП	5
110 Торцекруглошліфувальна	SASE 200/05	Центрові отвори, ЗЦП	5
125 Суперфінішна	3879	ЗЦП	4
130 Доводочна	3Б12	Центрові отвори	6
135 Доводочна	3Б12	Центрові отвори	6

2.4 Технічна характеристика вибраного обладнання

Потрібне устаткування вибираємо на основі розмірів, необхідної продуктивності праці, обсягу випуску виробництва.

При виборі устаткування користуємось такими вимогами:

1. в крупносерійному виробництві використовуються багатопозиційні автомати та напіваавтомати;

2. параметри обладнання забезпечують можливість виконання операцій технологічного процесу;
3. вартість устаткування повинна забезпечити економність операцій.

Технічну характеристику обладнання наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічна характеристика обладнання

№ оп.	Назва, модель верстату	Коротка технічна характеристика			Розмірна характеристика			
		Частота обертання шпинделя, об/хв.	Потужність електродвигунів, кВт	Значення подачі, мм/об. (мм/хв.)	Габаритні розміри, мм	Число умовних ремонтних одиниць	Максимальні розміри оброблюваної деталі	Розміри стола, мм
005	Фрезерно-центрувальний МР-77	8010	5,5	20÷300	2445 x1265x 1920	26	200	400x 1600
010 015 025 030 035	Токарно-гідрокопіювальний СА023	160÷ 1600	10	0,63÷1,6	2443 x1283x 630	21	Ø320	
020	Вертикально-свердлильний 2Н118	1420	2,2	0,1÷0,56	910x550	6,5	18	350x 450
130 135	Круглошліфувальний 3Б12	2250	18,5	0,1÷5	2600 x1750x 1750	18	Ø200	
045	Зубошевінгувальний 5702В	1340÷ 1700	1,1	18÷300	1900 x2360x 1400	10	320	
050	Шліцефрезерний 5350А	250	4	0,4	1870 x2400x 3200	10	50	
075 080 085 090	Круглошліфувальний 3А151, 3М151	270÷ 1257	5,5	500	3140 x1810x 2130	32	Ø80 h = 275	
095 100 105 110	Торцекруглошліфувальний SASE 200/05	31,5÷ 710	24	100	3000 x2350x 2050	13	315 або 630	
125	Безцентрово-суперфінішний 3879	12,5÷ 1600	10	0,63÷1,0	2443 x1883x 1760	26,2	Ø300 h = 455	
140	Заточний 3В642	1500	1,1		1800 x1770	6	Ø80	

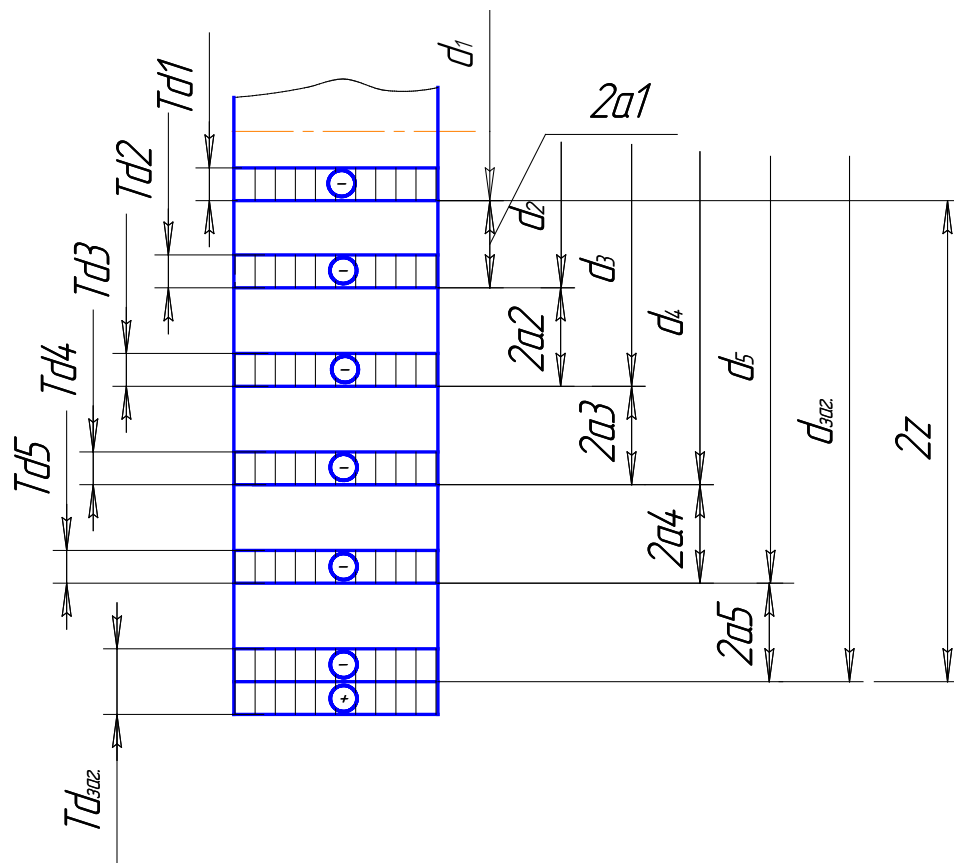
2.5 Розрахунок припусків та проміжних розмірів

Розрахунок припусків [1, 2] проводимо для зовнішньо циліндричної поверхні $\varnothing 25^{(-0.115)}_{(-0.130)}$ мм та шорсткістю $R_a = 0,16$ мкм.

Поверхня буде оброблятися по технологічному маршруту:

1. Точіння чорнове;
2. Точіння чистове;
3. Шліфування попереднє;
4. Шліфування остаточне;
5. Суперфінішування.

Схема розташування припусків, допусків та міжопераційних розмірів зображена на рисунку 2.1.



d_1 - діаметр готової деталі (після суперфінішування); d_2 - діаметр після шліфування остаточного; d_3 - діаметр після шліфування попереднього; d_4 - діаметр після чистового точіння; d_5 - діаметр після чорнового точіння; $d_{\text{заг}}$ - діаметр заготовки; $2z$ - загальний припуск; $2a_1$ - припуск на суперфінішування; $2a_2$ - припуск на шліфування остаточне; $2a_3$ - припуск на шліфування попереднє; $2a_4$ - припуск на чистового точіння; $2a_5$ - припуск на чорнового точіння; Td_1 - допуск готової деталі; Td_2 - допуск на шліфування остаточне; Td_3 - допуск на шліфування попереднє; Td_4 - допуск на чистового точіння; Td_5 - допуск на чорнового точіння; $Td_{\text{заг}}$ - допуск заготовки.

Рисунок 2.1 - Схема розташування припусків, допусків.

Вибираємо загальний припуск $2z$:

$$2z = 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ мм}$$

Визначаємо величину припуску на суперфінішування:

$$2a_1 = 0 \text{ (при суперфінішуванні метал не знімається)}$$

Визначаємо величину припуску на шліфування остаточне:

$$2a_2 = 0,1 \text{ мм}$$

Визначаємо величину припуску на шліфування попереднє:

$$2a_3 = 0,5 \text{ мм}$$

Визначаємо величину припуску на точіння чистове:

$$2a_4 = 0,9 \text{ мм}$$

Визначаємо величину припуску на точіння чорнове:

$$2a_5 = 2z - (2a_1 + 2a_2 + 2a_3 + 2a_4) = 7 - (0 + 0,1 + 0,5 + 0,9) = 7 - 2,5 = 5,5 \text{ мм}$$

Перевірка:

$$2z = d_{\text{заг}} - d_1 = 32 - 25 = 7 \text{ мм, розрахунок виконано вірно.}$$

Вибираємо допуск готової деталі:

$$Td_1 = 0,015 \text{ мм}$$

Вибираємо допуск на шліфування остаточне:

$$Td_2 = 0,010 \text{ мм}$$

Вибираємо допуск на шліфування попереднє:

$$Td_3 = 0,05 \text{ мм}$$

Вибираємо допуск на чистового точіння:

$$Td_4 = 0,062 \text{ мм}$$

Вибираємо допуск на чорнового точіння:

$$Td_5 = 0,33 \text{ мм}$$

Вибираємо допуск заготовки:

$$Td_{\text{заг}} = 2,2 \text{ мм}$$

Розраховуємо між операційні розміри:

$$d_1 = 25 \begin{pmatrix} -0,115 \\ -0,130 \end{pmatrix} \text{ мм}$$

$$d_2 = d_1 + 2a_1 = 25 + 0 = 25 \begin{pmatrix} -0,110 \\ -0,120 \end{pmatrix} \text{ мм}$$

$$d_3 = d_2 + 2a_2 = 25 + 0,1 = 25,1^{(+0,05)}_{(-0,05)} \text{ мм}$$

$$d_4 = d_3 + 2a_3 = 25,1 + 0,5 = 25,6^{(+0,062)}_{(-0,062)} \text{ мм}$$

$$d_5 = d_4 + 2a_4 = 25,6 + 0,9 = 26,5^{(+0,09)}_{(-0,09)} \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг}} = d_5 + 2a_5 = 26,5 + 5,5 = 32^{(+1,4)}_{(-0,8)} \text{ мм}$$

На інші поверхні визначаємо припуски аналогічно. Результати наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на обробку

Назва поверхні	Маршрут обробки	Розмір до обробки, мм	Припуски на обробку, мм	Розмір після обр., мм	Допуск на обр., мм	Проміжний або кінцевий розмір, мм
ЗЦП	1.Точіння чорнове; 2.Точіння чистове; 3.Шліфування попереднє; 4.Шліфування остаточне; 5. Суперфінішування	$\varnothing 32^{(+1,4)}_{(-0,8)}$ $\varnothing 26,5^{(+0,062)}_{(-0,062)}$ $\varnothing 25,6^{(+0,09)}_{(-0,09)}$ $\varnothing 25,1^{(+0,05)}_{(-0,05)}$ $\varnothing 25^{(+0,110)}_{(-0,120)}$	5,5 0,9 0,5 0,1 0	$\varnothing 26,5$ $\varnothing 25,6$ $\varnothing 25,1$ $\varnothing 25$ $\varnothing 25$	0,33 0,062 0,05 0,010 0,015	$\varnothing 26,5^{(+0,033)}_{(-0,033)}$ $\varnothing 25,6^{(+0,062)}_{(-0,062)}$ $\varnothing 25,1^{(+0,05)}_{(-0,05)}$ $\varnothing 25^{(+0,110)}_{(-0,120)}$ $\varnothing 25^{(+0,115)}_{(-0,130)}$
Зубчатий вінець	1.Точіння 2.Шліфування	$\varnothing 58,5^{(+1,6)}_{(-0,8)}$ $\varnothing 54,9^{(+0,4)}_{(-0,4)}$	3,6 0,8	$\varnothing 54,9$ $\varnothing 54,1g7$	0,4 0,03	$\varnothing 54,9^{(+0,4)}_{(-0,4)}$ $\varnothing 54,1g7^{(+0,01)}_{(-0,04)}$
Торці зубців	1.Точіння чорнове 2.Точіння чистове 3.Шліфування	$\varnothing 20,02^{(+1,6)}_{(-0,8)}$ $\varnothing 17,02^{(+0,17)}_{(-0,17)}$ $\varnothing 15,62^{(+0,1)}_{(-0,1)}$	3 1,4 0,6	$\varnothing 17,02$ $\varnothing 15,62$ $\varnothing 15,02$	0,17 0,10 0,02	$\varnothing 17,02^{(+0,17)}_{(-0,17)}$ $\varnothing 15,62^{(+0,1)}_{(-0,1)}$ $\varnothing 15,02^{(+0,02)}_{(-0,02)}$
Торці	1.Фрезерування	$140,8h13^{(+1,6)}_{(-0,8)}$	12,3	128,5	0,63	$128,5h13^{(+0,63)}_{(-0,63)}$

2.6 Вибір різального інструменту

У відповідності із розробленням технологічним процесом механічної обробки вибираємо різальний інструмент на всіх операціях та переходах.

Вибір різального інструменту здійснюємо, виходячи із [1, 2]: типу виробництва, типу та моделі верстата, форми та розміру оброблюваної

поверхні, матеріалу деталі, можливості використання стандартного різального інструменту.

Вибраний різальний інструмент наведено в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Різальний інструмент для механічної обробки

№ оп.	№ перех.	Назва та типорозмір інструменту	Стандарт або нормаль	Різальна частина	
				Матеріал	Стандарт
005	1	Фреза Ø50мм	2214-4004	T15K6	СТ 3882-74
	2	Свердло центр. Ø10,6мм	2317-0034	P6M5	СТ 19265-74
			СТ 14952-75		
010	1	Різець прохідний	2100-4115	T15K6	СТ 3882-74
	2	Різець підрізний	2110-4103	T15K6	СТ 3882-74
015	1	Різець прохідний	2100-4115	T15K6	СТ 3882-74
	2	Різець підрізний	2110-4103	T15K6	СТ 3882-74
020	1, 2	Зенківка	2353-4046	P6M5	СТ 19265-74
025	1	Різець підрізний	2126-0001	T15K6	СТ 3882-74
		Різець підрізний	2126-0004	T15K6	СТ 3882-74
	2	Різець канавочний	2126-4093	T15K6	СТ 3882-74
		Різець канавочний	2126-4094	T15K6	СТ 3882-74
030	1	Різець канавочний	2126-0008	T15K6	СТ 2209-86
035	1	Різець підрізний	2110-4023	T15K6	СТ 3882-74
		Різець підрізний	2110-4075	T15K6	СТ 3882-74
	2	Різець канавочний	2126-4230	T15K6	СТ 3882-74
		Різець канавочний	2126-4218	T15K6	СТ 3882-74
040	1	Фреза черв'ячна	2214-4004	P6M5	СТ 19265-74
045	1	Шевер дисковий	2570-0488	P18	СТ 19265-73
050	1	Фреза шліцева	2520-4005	P6M5	СТ 19265-74
075	1	Розкатка	1417-4157	T15K6	СТ 3882-74
080	1	Круг шліфувальний 600x40x305 14A25CT1	2424-83	24A	СТ 607-81
085	1	Круг шліфувальний 600x100x305 2425CT1	2424-83	24A	СТ 607-81
090	1	Круг шліфувальний 600x100x305 2425CT1	2424-83	24A	СТ 607-81
095	1	Круг шліфувальний 750x50x305 25A25PCM1	2424-83	24A	СТ 607-81
100	1	Круг шліфувальний 750x50x305 25A25PCM1	2424-83	24A	СТ 607-81
105	1	Круг шліфувальний 750x50x305 25A25PCM1	2424-83	24A	СТ 607-81
110	1	Круг шліфувальний 750x50x305 25A25PCM1	2424-83	24A	СТ 607-81
115	1	Брусok алмазний 125x80x5x20AMK 20/14	106-87	AMK 20/14	СТ 19300-88
130	1	Круг алмазний 200x32x50x5x3ACM60/40	2-037-233-78	ACM 60/40	СТ 19300-88
135	1	Круг алмазний 200x32x50x5x3ACM60/40	2-037-233-78	ACM 60/40	СТ 19300-88

2.7 Розрахунок режимів різання та основного часу

Розгорнутий розрахунок режимів різання та машинного часу [1, 2] проводимо на операцію 005 Фрезерно-центрувальна:

Позиція I

Встановити і закріпити заготовку.

Позиція II

1. Фрезерувати торці 1, 2 одночасно.

Позиція III

2. Центрувати 2 отвори 3 одночасно.

Вихідні дані:

Верстат: моделі МР-77 Фрезерно – центровальний.

Різальний інструмент: фреза Ø50 мм з пластинами із твердого сплаву Т15К6; свердло центровочне Ø10,6 мм Р6М5;

Матеріали деталі: сталь легована 18ХГТ ДСТУ 7806:2015.

Визначаємо глибину різання:

$$t_1 = \frac{l_3 - l_o}{2} = \frac{140,8 - 128,5}{2} = 6,15 \text{ мм};$$

$$t_2 = \frac{d_1}{2} = \frac{10,6}{2} = 5,3 \text{ мм},$$

де l_o – довжина деталі;

l_3 – довжина заготовки;

d_1 – діаметр центровочного отвору;

Визначаємо довжину робочого ходу:

$$L_{px} = l_p + l_e + l_n + l_{on} \text{ (мм)},$$

де l_p – довжина різання;

l_e – довжина врізання;

l_n – довжина перебігу;

l_{on} – величина без ударного підводу інструменту (1...5 мм);

$$L_{px1} = 28 + 5 + 3 + 2 = 38 \text{ мм};$$

$$L_{px2} = 11,2 + 4 + 0 + 1,8 = 17 \text{ мм.}$$

Вибираємо подачі. Подача на зубець фрези:

$$S_z = 0.02 \text{ мм/зуб.}$$

З врахуванням, що $z = 15$ – кількість зубців фрези, то отримаємо:

$$S_{O1} = S_z \cdot z \text{ мм/об};$$

$$S_{O1} = 0.02 \cdot 15 = 0.3 \text{ мм/об};$$

$$S_{O2} = 0.01 \cdot d = 0.01 \cdot 10.6 = 0.106 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо період стійкості, T :

$$T = (0,7 \div 0,8) \cdot (T_{M1} + T_{M2})$$

де T_{M1} і T_{M2} – періоди стійкості фрези та свердла;

$$T_{M1} = 180 \text{ хв};$$

$$T_{M2} = 20 \text{ хв.}$$

$$T = 0,8 (180 + 20) = 160 \text{ хв}$$

Розраховуємо швидкість різання, м/хв:

$$V = V_m \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7,$$

де V_m – таблична швидкість;

K_5, K_6, K_7 – коефіцієнти, що враховують умови обробки.

$$V_1 = 257 \cdot 0.9 \cdot 0.8 \cdot 1 = 185 \text{ м/хв};$$

$$V_2 = 29.1 \cdot 0.9 \cdot 0.8 \cdot 1 = 21 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертання шпинделя, об/хв:

$$n = \frac{1000V}{\pi D},$$

де V – швидкість різання;

π – стала величина;

D – діаметр інструменту.

$$n_1 = \frac{1000 \cdot 185}{3.14 \cdot 50} = 1178 \text{ об/хв.};$$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 21}{3.14 \cdot 10.6} = 630 \text{ об/хв.}$$

Частоту обертання шпинделя коригуємо за паспортними даними верстату:

$$n_{\phi 1} = 1200 \text{ об/хв.}; \quad n_{\phi 2} = 580 \text{ об/хв}$$

Визначаємо значення хвилинної подачі, $S_{\text{хв}}$, мм/хв:

$$S_{\text{хв}1} = S_z \cdot z \cdot n = 0.02 \cdot 15 \cdot 1200 = 360 \text{ мм/хв.};$$

$$S_{\text{хв}2} = S_o \cdot n = 0.106 \cdot 580 = 61.48 \text{ мм/хв.}$$

Значення хвилинної подачі коригуємо за паспортними даними верстату:

$$S_{\text{хв}1} = 360 \text{ мм/хв.}; \quad S_{\text{хв}2} = 29 \text{ мм/хв.}$$

Визначаємо дійсне значення подачі.

$$S_z = \frac{S_{\text{хв}}}{z \cdot n} = \frac{360}{15 \cdot 1200} = 0.02 \text{ мм/зуб};$$

$$S_{O1} = 0.02 \cdot 15 = 0.3 \text{ мм/об.};$$

$$S_{O2} = \frac{S_{\text{хв}}}{n} = \frac{29}{580} = 0.05 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо фактичну швидкість різання, м/хв:

$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1000};$$

$$V_1 = \frac{3.14 \cdot 50 \cdot 1200}{1000} = 188.4 \text{ м/хв.};$$

$$V_2 = \frac{3.14 \cdot 10.6 \cdot 580}{1000} = 22 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо потужність різання; кВт:

$$N_{\text{різ}} = N_m \cdot K,$$

де N_m – таблична потужність;

K – коефіцієнт.

$$N_{\text{різ}1} = 2.1 \cdot 1.1 = 2.31;$$

$$N_{\text{різ}2} = 2.6 \cdot 0.8 = 2.08.$$

Потужність різання перевіряємо за паспортними даними верстату:

$$N_{об} \geq N_{різ} ;$$

$$5,5 \geq 2,31 ;$$

$$5,5 \geq 2,08 .$$

Здійснення різання є можливим, оскільки необхідна потужність різання не перевищує потужність приводу верстата [5,5 кВт].

Визначаємо основний час T_o , хв:

$$T_o = \frac{L_{px}}{S_{xв}} ;$$

$$T_{o1} = \frac{38}{360} = 0,105 ;$$

$$T_{o2} = \frac{17}{29} = 0,586 .$$

Так як інструменти працюють одночасно час на операцію приймаємо час найбільш тривалої обробки $T_{o2} = T_o = 0.586$.

Розрахунок режимів різання та машинного часу наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Розраховані режими різання

№ оп.	№ перех.	Зміст переходу	t, мм	D, мм	S _o , мм/об	S _{хв} , мм/хв	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 перехід	На позицію	На операцію
005	II 1	Фрезерувати торці 1, 2	6	50	0,24	240	0,02	1200	188,4	28	5	3	2	38	0,105	0,105	0,586
	III 2	Центрувати 2 отвори 3	5,3	10,6	0,05	29	-	580	22	11,2	4	-	1,8	17	0,586	0,586	
010	1	Точити поверхню 4	3	55	0,4	224	-	560	96	65	-	-	2	67	0,080	-	0,585
		Точити поверхню 5	1,5	27					48						0,113	-	
		Точити поверхню 6	1,6	24					107,2						0,035	-	
		Підрізати торець вінця 7	0,6	61					107,2						0,357	-	
	2	Підрізати торець вінця 7	0,6	61	0,08	44,8	-	560	107,2	14,2	-	-	1,8	16	0,357	-	
015	1	ити поверхні 8, 9	3,1	27	0,4	224	-	560	48	1	-	-	-	87,2	0,422	-	0,83
	2	Підрізати торець вінця 10	0,6	55	0,07	39,2	-	560	96	14,2	-	-	1,8	16	0,408	-	
020	1	Зенкувати поверхню 3	0,1	12	0,1	16,5	-	165	5,2	0,8	-	-	0,2	1	0,060	-	0,120
	2	Зенкувати поверхню 3	0,1	12	0,1	16,5	-	165	5,2	0,8	-	-	0,2	1	0,060	-	
025	1	Підрізати торці вінця 7, 10 одночасно	0,85	55	0,04	32	-	800	140,6	14,2	-	-	0,8	15	0,468	-	0,499
	2	Врізати дві канавки 11 одночасно	0,9	25	0,04	32	-	800	71	0,6	-	-	0,4	1	0,031	-	
030	1	Врізати канавку 12	3,6	25,8	0,04	32	-	800	70	3,6	-	-	0,4	4	0,125	-	0,3
	2	Точити шліцеву поверхню 9	0,35	26,5	0,16	128	-	800	66,6	22	-	-	0,4	22,4	0,175	-	
035	1	Точити поверхні 5, 9 одночасно	0,9	26,5	0,07	68	-	900	72	24	-	-	2	26	0,384	-	0,464
	2	Врізати канавку 14, 15	2,4	25,6	0,03	30	-	900	60	1,8	-	-	0,6	2,4	0,080	-	
040	1	Фрезерувати зубці 16	10	90	0,77	77,8	0,07	100	28,26	69,4	3	2	5,4	80	1,03	-	1,03
045	1	Шевінгувати зубці 16	0,12	90	0,91	45,5	0,02	50	20	69,4	3	2	5,4	80	2,400	-	2,4
050	1	Фрезерувати шліці 17	2	125	1,2	80,1	0,03	224	56					78,5	0,980	-	0,980
075	1	Розкатати два центровочні отвори 3	0,1	6,7	0,8	24	-	1320	35	4,5	-	-	1,5	6	0,250	-	0,250

Продовження таблиці 2.7

№ оп.	№ перех.	Зміст переходу		t, мм	D, мм	S _о , мм/об	S _{хв} , мм/хв	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 перехід	На позицію	На операцію
080	1	Шліфувати зубчатий вінець 4		0,3	$\frac{54,9}{600}$	0,008	27	-	$\frac{200}{1250}$	$\frac{34,5}{2355}$	14	-	-	1,6	15,6	0,28	-	0,28
085	1	Шліфувати шліцеву шийку 13	попер.	0,12	$\frac{25,9}{600}$	$\frac{0,048}{0,032}$	180	-	$\frac{180}{1250}$	$\frac{14,5}{2355}$	46,8	-	-	7,7	54,5	0,42	-	0,42
			кінц.	0,07														
			вихож.	0,01														
090	1	Шліфувати шліцеву шийку 13	попер.	0,12	$\frac{25,4}{600}$	$\frac{0,048}{0,032}$	180	-	$\frac{180}{1250}$	$\frac{14,5}{2355}$	46,8	-	-	7,7	54,5	0,42	-	0,42
			кінц.	0,07														
			вихож.	0,01														
095	1	Шліфувати торець вінця 7, цапфу 5 одночасно (попередньо)	попер.	0,2	$\frac{25,6}{750}$	$\frac{0,008}{0,002}$	80,5	-	$\frac{180}{1250}$	$\frac{14,4}{2944}$	21	-	-	5	26	0,21	--	0,21
			кінц.	0,1														
100	1	Шліфувати торець вінця 10, цапфу 9 одночасно (попередньо))	попер.	0,2	$\frac{25,6}{750}$	$\frac{0,008}{0,002}$	80,5	-	$\frac{180}{1250}$	$\frac{14,4}{2944}$	21	-	-	5	26	0,26	--	0,26
			кінц.	0,1														
105	1	Шліфувати торець вінця 7, цапфу 5 одночасно (кінцево)	кінц.	0,09	$\frac{25,1}{750}$	0,002	80,5	-	$\frac{180}{1250}$	$\frac{14,4}{2944}$	21	-	-	5	14,5	0,180	-	0,180
			вихож.	0,01														
110	1	Шліфувати торець вінця 10, цапфу 9 одночасно (кінцево)	кінц.	0,09	$\frac{25,1}{750}$	0,002	80,5	-	$\frac{180}{1250}$	$\frac{14,4}{2944}$	21	-	-	5	14,5	0,32	--	0,32
			вихож.	0,01														
125	1	Суперфініширувати дві шейки 5,9 одночасно		-	25	0,7	210	-	300	17	31,5	-	-	1,5	33	0,5	-	0,5

2.8 Визначення норм часу

Розрахунок норм часу проводимо на 005 Фрезерно-центрувальна.

Вихідні дані:

Назва деталі – шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04;

Маса заготовки – 1,13 кг;

Пристрій - пневматичний;

Вимірювальний інструмент: Пристрій для контролю центровочних отворів, калібр для контролю допуску окружності.

Основний час на обробку деталі – T_0 0,586 хв.

Визначаємо допоміжний час [1, 2]. Результати зведено до таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Допоміжний час

Назва прийомів	Допоміжний час		Джерело
	Що перекривається	Що не перекривається	
1. Встановити та зняти деталь	0,11		ОНВ, карта 8, поз. 20, (ст. 41)
2. Закріпити та відкріпити деталь	0,03		ОНВ, карта 13, лист 4, поз. 91 (ст. 54)
3. Увімкнути та вимкнути верстат		0,030	ОНВ, дод. 8, лист 13, поз. 2 (ст. 268)
4. Повернути барабан на одну позицію		0,03	ОНВ, дод. 8, лист 10, поз. 18 (ст. 263)
5. Підвести та відвести свердлильні головки, фрези		0,154	ОНВ, карта 72, поз. 6 (ст. 263)
6. Очистити базові поверхні від стружки	0,04		ОНВ, карта 13, лист 6, поз. 122 (ст. 56)
Провести контрольні вимірювання	$(0,07+0,07+0,08+0,1)=0,31$		ОНВ, карта 74, поз. 2, (ст. 152)
Разом	0,49	0,214	

Визначаємо оперативний час:

$$T_{оп} = T_0 + T_{\partial} ;$$

$$T_{оп} = 0,586 + 0,214 = 0,8 \text{ хв.}$$

Визначаємо відсоток α часу на обслуговування робочого місця:

$$\alpha = 3 \%$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця $T_{об}$:

$$T_{об} = \frac{T_{оп} \cdot \alpha}{100} = \frac{0.8 \cdot 3}{100} = 0,024 \text{ хв.}$$

Визначаємо відсоток основного часу в оперативному:

$$\frac{T_o}{T_{оп}} \cdot 100\% = \frac{0,586}{0,8} \cdot 100\% = 73,25\%$$

Визначаємо відсоток часу на відпочинок:

$$\beta = 6 \%$$

Визначаємо час на відпочинок $T_{відп}$:

$$T_{відп} = \frac{T_{оп} \cdot \beta}{100} = \frac{0.8 \cdot 6}{100} = 0,043 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час $T_{шт}$, хв:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обс} + T_{відп} = 0.8 + 0.024 + 0.043 = 0.867 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму виробітку за зміну H_v , шт:

$$H_v = \frac{T_{пз}}{T_{шт}},$$

де $T_{пз}$ - тривалість зміни = 480 год.

$$H_v = \frac{480}{0.867} = 553,6 \text{ шт.}$$

На інші операції час визначаємо аналогічно [1, 2], і наводимо дані в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Норми часу.

№ оп.	Основний час T_o , хв	Допоміжний час $T_{доп}$, хв	Оперативний час $T_{оп}$, хв	Відсоток основного часу від оперативного	α , %	Час на обслуговування $T_{об}$, хв.	β , %	Час відпочинку $T_{від}$, хв	Штучний час $T_{шт}$, хв	Норма виробітку H_v , шт
005	0,586	0,214	0,800	73,25	3	0,024	6	0,043	0,867	550
010	0,585	0,248	0,833	68,7	6	0,048	6	0,048	0,888	514
015	0,83	0,067	0,897	92,1	6	0,051	6	0,051	0,953	478
020	0,12	0,187	0,307	39	3	0,009	6	0,022	0,338	1434
025	0,499	0,308	0,807	60,3	6	0,047	6	0,047	0,870	531
030	0,3	0,237	0,537	70,2	7	0,055	6	0,049	0,900	798
035	0,464	0,412	0,876	46,4	7	0,054	6	0,048	0,880	489
040	1,03	0,401	1,431	84,6	3,5	0,091	6	0,758	1,567	306

Продовження таблиці 2.9.

№ оп.	Основний час T_o , хв	Допоміжний час $T_{доп}$, хв	Оперативний час $T_{оп}$, хв	Відсоток основного часу від оперативного	α , %	Час на обслуговування $T_{об}$, хв.	β , %	Час відпочинку $T_{від}$, хв	Штучний час $T_{шт}$, хв	Норма виробітку H_v , шт
045	2,400	0,241	2,641	90,8	3	0,079	6	0,159	2,879	167
050	0,980	0,232	1,212	80,8	3,5	0,042	6	0,074	1,328	362
075	0,250	0,153	0,403	52,1	1*	0,005	6	0,024	0,432	113
080	0,280	0,303	0,583	66,3	1*	0,007	6	0,033	0,963	769
085	0,420	0,329	0,749	56	1*	0,009	6	0,044	0,802	599
090	0,420	0,311	0,731	56,6	1*	0,008	6	0,041	0,810	614
095	0,210	0,507	0,717	42	1,5*	0,011	6	0,050	0,929	623
100	0,260	0,496	0,756	40,5	1,5*	0,018	6	0,049	0,945	591
105	0,180	0,512	0,692	41,2	1,5*	0,014	6	0,052	0,938	645
110	0,320	0,506	0,826	41,5	1,5*	0,015	6	0,051	0,932	541
125	0,5	0,278	0,778	35	6	0,025	6	0,031	0,484	546

* для операцій шліфування $T_{об} = T_{тех.} + T_{орг.} \cdot \text{хв.}$;

$T_{орг.} = 1\%$ (для шліфування торців – 1,5%);

$$T_{тех.} = \frac{T_n \cdot T_o}{T} \text{ хв.},$$

де T_n – час на правку круга; $T_n = 0,48$ хв;

T – період стійкості круга; $T = 182$ хв;

3 Конструкторська частина

3.1 Опис різального інструменту

Прохідний різець використовується на операції 010 Токарно-копіювальна, що виконується на верстаті СА023 для обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 26,5^{+0,33}$ мм та $\varnothing 54,9^{+0,4}$ мм.

За допомогою прохідного різця оброблюється зовнішні циліндричні поверхні отримані гарячим куванням із ціллю надання їм більш правильної геометричної форми, а також необхідної точності розміру та шорсткості поверхні [8].

Прохідний різець складається з робочої частини та державки. Робоча частина являється твердосплавною пластиною Т15К6 СТ 3882-74 яка напаяна на державку. В якості припою використовується латунь марки Л63 СТ 15527-70. Різець двосторонній, що дозволяє економити на матеріалі державки. Так як деталь отримана гарячим куванням (тобто має підвищену твердість в результаті деформації металу) і обробка чорнова, то застосовується саме твердосплавна пластина, зважаючи на її високу зносо- та червоностійкість. Різець має III форму заточки передньої поверхні з радіусом виборки 4 мм. Різання здійснюється за рахунок обертання заготовки.

Різець встановлюється в різцетримач та фіксується двома болтами. Державка має регульовану основу поз. 5, яка призначена для корекції положення інструменту, планку поз. 8 для підтискання різця. Гвинт поз. 3 призначений для виставлення різця на необхідну довжину. Установка різцетримача на направляючих верстата здійснюється кріпленням типу «ластівчин хвіст».

Складальне креслення різцедержавки з вказанням основних технічних вимог приведено у додатках до роботи.

Вихідні дані для розрахунку різця:

– Глибина різання $t = 2,75$ мм;

- Подача $S_o = 0,2$ мм/об;
- Швидкість різання $V = 96,5$ м/хв;
- Матеріал деталі: сталь 18ХГТ ДСТУ 7806:2015;
- Шорсткість Ra 6,3 мкм;
- Виліт різця $l = 60$ мм;
- Верстат: токаро-гідрокопіювальний СА023;
- Матеріал різальної частини інструменту: твердосплавні пластини з твердого сплаву Т15К6 СТ 3882-74.

В якості матеріала для корпусу різця вибираємо вуглецеву сталь 45 з $\sigma_s = 650$ МПа та допустимим напруженням на згин $\sigma_{u.d.} = 270$ МПа.

Головну складову сили різання визначаємо по довіднику [1, 2]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p.$$

Визначаємо коефіцієнти [1, 2]:

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

$$K_p = K_{mp} \cdot K_\phi \cdot K_\gamma \cdot K_\lambda \cdot K_r,$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n; \quad K_{mp} = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,3} = 1,08;$$

$$K_\phi = 0,89; \quad K_\gamma = 1,1; \quad K_\lambda = 1; \quad K_r = 0,93;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,75^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 96,5^{-0,15} \cdot 1,08 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1212,78 \text{ Н.}$$

При умові, що $h \approx 1,6b$, ширина прямокутного перерізу різця:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{2,56 \cdot \sigma_{u.d.}}}; \quad b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 1212,78 \cdot 60 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 270 \cdot 10^6}} = 0,01848 \text{ м} = 18,48 \text{ мм}.$$

Приймаємо найближче значення b по нормальному ряду: $b = 20$ мм. Керуючись приведеним співвідношенням, отримаємо висоту корпусу різця: $h = 1,6 \cdot 20 = 32$ мм. З огляду на специфіку виробництва та обладнання, приймаємо: $h = 30$ мм.

Перевіряємо міцність та жорсткість різця:

Максимальне навантаження, що допускає міцність різця:

$$P_{z \text{ доп}} = \frac{b \cdot h^2 \cdot \sigma_{u.d.}}{6 \cdot l} ; \quad P_{z \text{ доп}} = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot (30 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 270 \cdot 10^6}{6 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 13500 \text{ Н.}$$

Максимальне навантаження, що допускає жорсткість різця:

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot J}{l^3} ,$$

де f – допустима стріла прогибу ($0,1 \cdot 10^{-3}$ м);

E – модуль пружності матеріалу корпусу різця ($2 \cdot 10^5$ МПа);

J – момент інерції прямокутного перерізу корпусу:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} ; \quad J = \frac{20 \cdot 10^{-3} \cdot (30 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ кг} \cdot \text{м}^2;$$

$$P_{z \text{ жорст}} = \frac{3 \cdot 0,1 \cdot 10^3 \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 4,5 \cdot 10^{-8}}{(60 \cdot 10^{-3})^3} = 12500 \text{ Н.}$$

Різець має достатню міцність та жорсткість, так як $P_{z \text{ доп}} > P_z < P_{z \text{ жорст}}$,
($13500 > 1212,78 < 12500$).

Назначаємо конструктивні розміри різця:

- загальна довжина $L = 180$ мм;
- радіус заокруглення при вершині різця $R = 1$ мм;
- пластина з твердого сплава, $l = 19,5$ мм.

Вибираємо геометричні параметри різальної частини різця:

- передній кут $\gamma = 0^\circ$;
- головний задній кут $\alpha = 10^\circ$, $\alpha' = 6^\circ$ (на довжині пластини 2 мм);
- допоміжний задній кут $\alpha_1 = 6^\circ$ на пластині, $\alpha_1' = 10^\circ$ на корпусі;
- головний кут в плані $\phi = 80^\circ$;
- допоміжний кут в плані $\phi_1 = 10^\circ$;
- кут нахилу різальної кромки $\lambda = 0^\circ$;
- кут вібро-гасячої фаски $\gamma_\phi = -5^\circ$;
- довжина вібро-гасячої фаски $\phi = 0,5$ мм.

Визначаємо шорсткість передньої та задньої поверхонь різальної частини різця та опорної поверхні корпусу, граничні відхилення габаритних

розмірів різця, зміст та місце маркування. Складальне креслення різця з вказанням основних технічних вимог приведено у додатках до роботи.

3.2 Опис контрольного пристрою

Контрольний пристрій служить для контролю допуску прямолінійності на торцях зубчастого вінця деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04.

Технічна характеристика контрольного пристрою наведена в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика контрольного пристрою.

Параметри пристрою	Значення параметру
Границі вимірювання, мм	0-1
Максимальна похибка, мм	0,0037
Варіація, мм	0,0005
Вимірювальне зусилля, Н	2
Габаритні розміри, мм	210x560x248

Склад пристрою:

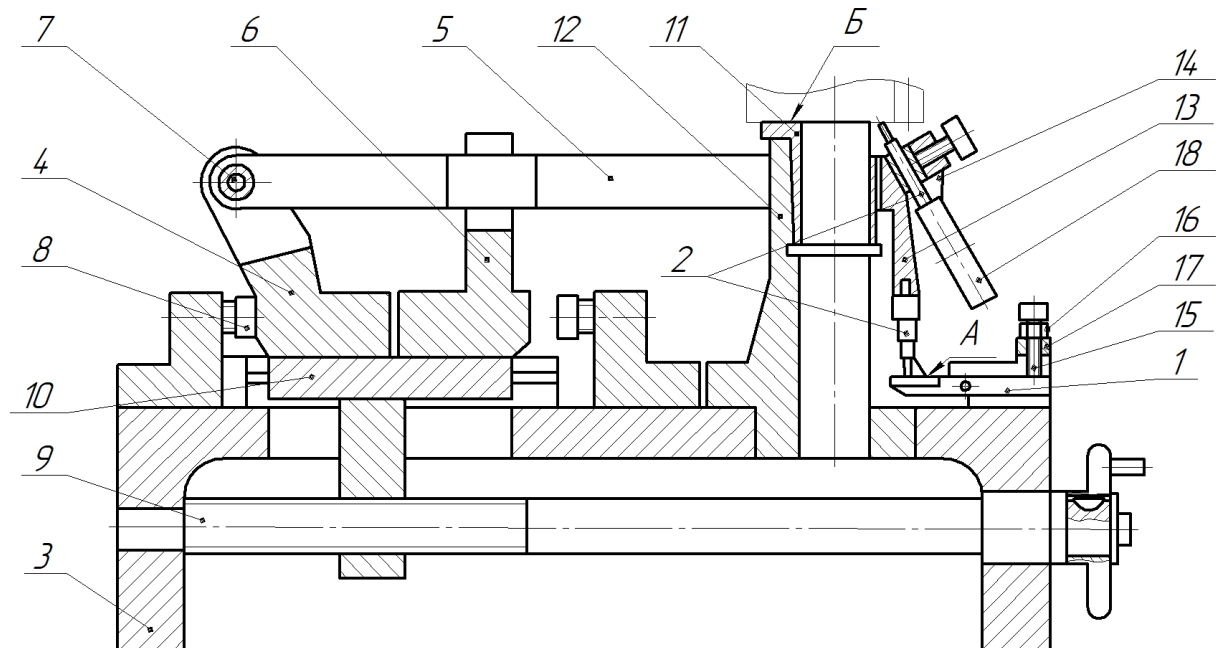
- 1) контрольно-вимірювальний пристрій у зборі;
- 2) індикатор типу 1 МИГ СТ 9696-75, з ціною поділки 0,001 мм;
- 3) контрольний зразок для налагодження індикатора на нуль; допускається використання еталонної деталі, обміряної на координатно вимірювальній машині або інструментальному мікроскопі.

Короткий опис пристрою

Структурна схема контрольного пристрою приведена на рис. 3.1.

Пристрій складається із корпусу поз. 3, на якому кріпиться стакан поз. 12 з втулкою поз. 11. Вилка поз. 4 закріплена на плиті поз. 10, яка рухається в кулькових направляючих. У важіль поз. 5 закріплюється утримувач поз. 13 разом з індикатором поз. 18 і наконечниками поз. 2, за допомогою затискачів поз. 14. Наконечник переміщується по копіру поз. 1, який закріплений у вилці поз. 17. Паралельність копіра відносно торця втулки регулюється гвинтом поз. 15. Переміщення наконечника індикатора по торцю шестерень

здійснюється за допомогою гвинта поз. 9. Переміщення наконечників індикатора обмежується упорами поз. 8.



1 – копір; 2 – наконечники; 3 – корпус; 4 – вилка; 5 – важіль; 6 – стійка; 7 – вісь; 8 – упор;
9 – гвинт; 10 – плита; 11 – втулка; 12 – стакан; 13 – тримач; 14 – затискач; 15 – гвинт;
16 – контргайка; 17 – вилка; 18 – індикатор.

Рисунок 3.1 - Структурна схема контрольного пристрою.

Принцип заміру оснований на одночасному переміщенні наконечників по торцю деталі і копіру. Замір проводиться при переміщенні наконечника від вершини зубця до ніжки.

Перед початком роботи виставляється поверхня А копіра поз. 1 паралельно поверхні Б втулки поз. 11, за допомогою гвинта поз. 15 і контргайки поз. 16. При цьому використовується контрольний зразок.

Деталь вважається придатною, якщо показники індикатора знаходяться в межах 12 мкм.

Складальне креслення вимірювального пристосування представлено в додатках до роботи.

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи був проаналізований технологічний процес механічної обробки деталі шестерня ведуча НШ20М-4-00-01-04 на базовому підприємстві АТ «Гідросила», зокрема було досліджено конструкцію деталі, заготовки, та заводський технологічний процес.

Було виявлено, що обробка зубців шестерні проводилась шляхом зубофрезерування на зубофрезерному верстаті ВС-12-720 та зубодовбання на зубодовбальному верстаті 5122, при цьому штучний час на операціях складає 2,8604 і 3,504 хвилини. В якості раціоналізації, в межах кваліфікаційної роботи запропоновано цей етап зубообробки виконувати на зубофрезерному верстаті 5В312, з використанням спеціальної черв'ячної фрези з модифікованим профілем зубців. Штучний час на операцію буде складати 1,567 хвилини. Це дасть змогу скоротити трудомісткість виготовлення деталі, підвищити продуктивність праці і зменшити собівартість продукції.

В проекті також було розраховано припуски та міжопераційні розміри, режими різання на операції механічної обробки, здійснено підбір різального інструменту, проведено технічне нормування операцій. Спроектовано контрольний пристрій та різальний інструмент.

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. Селєхова. – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. – 93 с.
8. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДТУ, 2002.