

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

«Допущено до захисту»  
Завідувач кафедри ММіР  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Андрій ГРЕЧКА  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти  
на тему:

**Конструкторсько-технологічна підготовка  
виготовлення деталі «Шестерня НШ32УК-3-00-03»**

**Design and technological preparation for the  
manufacture of the part «Gear NSh32UK-3-00-03»**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПМ(ТМ)-20  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

\_\_\_\_\_ Валентин БОЛВАНЕЦЬ

Керівник роботи к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Віталій МАЖАРА

Рецензент к.т.н., доцент

\_\_\_\_\_ Руслан ОСІН



Центральноукраїнський національний технічний університет

Структурний підрозділ	Механіко-технологічний факультет
Кафедра	Машинобудування, мехатроніки і робототехніки
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Спеціальність	131 Прикладна механіка
Освітньо-професійна програма	Прикладна механіка

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
Андрій ГРЕЧКА  
“\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ**  
**ОСВІТИ**

Болванець Валентин Павлович

1. Тема роботи: Конструкторсько-технологічна підготовка  
виготовлення деталі «Шестерня НШ32УК-3-00-03»  
Design and technological preparation for the manufacture of the part "Gear  
NSh32UK-3-00-03"  
керівник роботи: к.т.н., доц. Мажара Віталій Анатолійович

затвержені наказом ЦНТУ від “01” квітня 2024 року № 129-02

2. Строк подання роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи

3.1. Креслення деталі Шестерня НШ32УК-3-00-03

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі

3.3. Річна програма випуску насосів

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

1 Загальна частина

2 Технологічна частина

3 Конструкторська частина

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

5. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Загальна частина	18.04.2024р.	
2	Технологічна частина	29.04.2024р.	
3	Конструкторська частина	20.05.2024р.	
4	Розробка графічного матеріалу	08.06.2024р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_

Валентин БОЛВАНЕЦЬ

Керівник роботи \_\_\_\_\_

Віталій МАЖАРА

## Анотація

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи на тему Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення деталі «Шестерня НШ32УК-3-00-03» складається з 62 аркушів формату А4, у яких наведено розроблений технологічний процес обробки деталі шестерня. При виконанні роботи використано 22 літературних джерел. Графічна частина складається з 4 аркушів А1: Схема механічної обробки (А1); Схема механічної обробки (А2); Схема механічної обробки (А3); Схема механічної обробки (А3); Пристрій затискний (А1) (складальне креслення); Пристрій контрольний (А1) (складальне креслення).

Перший розділ містить аналіз службового призначення деталі, аналіз точності та технологічності та визначення типу виробництва.

Другий розділ складається з технологічної частини в якій представлено розроблений технологічний процес виготовлення шестерні, у тому числі, обґрунтування вибору схем базування, методу отримання заготовки, вибору обладнання та інструменту та інші питання.

Третій розділ – конструкторський, в якому представлені розроблення і розрахунок конструкції затискного та контрольного пристроїв.

Ключові слова: маршрут обробки, обробка зубців, технологічний процес, затискний контрольний.

## **Abstract**

The explanatory note of the qualification work on the topic Design and technological preparation for the manufacture of the part "Gear NSh32UK-3-00-03" consists of 62 sheets of A4 format, which contain the developed technological process of processing the gear part. 22 literary sources were used in the performance of the work. The graphic part consists of 4 A1 sheets: Scheme of mechanical processing (A1); Scheme of mechanical processing (A2); Scheme of mechanical processing (A3); Scheme of mechanical processing (A3); Clamping device (A1) (assemble drawing); Control device (A1) (assemble drawing).

The first section contains an analysis of the service purpose of the part, an analysis of accuracy and manufacturability, and a determination of the type of production.

The second section consists of the technological part, which presents the developed technological process of gear manufacturing, including the justification of the choice of basing schemes, the method of obtaining the workpiece, the choice of equipment and tools, and other issues.

The third section is the design section, which presents the development and calculation of the design of the clamping and control devices.

Keywords: processing route, tooth processing, technological process, clamping control.

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Механіко-технологічний факультет  
Кафедра «Машинобудування, мехатроніки і робототехніки»

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до кваліфікаційної роботи на тему:

**Конструкторсько-технологічна підготовка виготовлення  
деталі «Шестерня НШ32УК-3-00-03»**

**КРБ.ПМ.24.02.000.00.00.00 ПЗ**

Виконав здобувач вищої освіти  
4 курсу групи ПМ(ТМ)-20  
ОПП «Прикладна механіка»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
\_\_\_\_\_ Валентин БОЛВАНЕЦЬ

Керівник роботи к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Віталій МАЖАРА

## Зміст

<b>Вступ</b>	9
<b>1 Загальна частина</b>	
1.1 Службове призначення деталі в складальній одиниці	10
1.2 Аналіз технологічності деталі та технічні умови на її виготовлення	12
1.3 Визначення типу виробництва	14
<b>2 Технологічна частина</b>	
2.1 Аналіз базового технологічного процесу	17
2.2 Вибір заготовки та способу її виготовлення	24
2.3 Вибір методів обробки поверхонь деталі	26
2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі	27
2.5 Розробка структури та змісту технологічних операцій, вибір обладнання для їх здійснення	31
2.6 Визначення припусків та операційних розмірів	38
2.7 Визначення режимів різання	43
2.8 Технічне нормування операцій	49
<b>3 Конструкторська частина</b>	
3.1 Розрахунок та розробка конструкції затискного пристрою	53
3.2 Розробка конструкції контрольно-вимірювального пристрою	59
<b>Література</b>	61

## Вступ

В сучасних умовах для підприємств актуальною задачею стає модернізація наявного металообробного обладнання з метою його пристосування для випуску нової продукції. Для цього потрібні невеликі економічні витрати у порівнянні з придбанням нового технологічного обладнання, яке до того ж у переважній більшості є імпортним у зв'язку з тяжким станом, в якому перебуває верстатобудування. Крім того, при модернізації можуть знайти застосування агрегати, вузли, прилади та деталі наявного технологічного обладнання, що з одного боку має цінність, як недоамортизоване, і містить у собі ціну раніше витраченої на його виготовлення праці, а з іншого боку воно нікому не потрібне і може бути реалізоване за ціною металобрухту.

Таким чином, модернізація дає можливість підприємству за короткий термін переоснастити своє виробництво високопродуктивним спеціальним обладнанням, використовуючи при цьому наявне, несучи при цьому порівняно невеликі економічні витрати та скорочуючи час освоєння випуску нової продукції.

Освоюючи нові ринки збуту своєї продукції підприємства зіткнулося з проблемою необхідності її видозміни, зняттям з виробництва виробів, що не користуються нині попитом, і заміною їх новими виробами, а у зв'язку з цим і з проблемою ефективного використання великої кількості металообробного обладнання, пристосуванням його для виробництва нової продукції. Тому розробка технологічних процесів з активним використанням високоточного і високопродуктивного обладнання є надзвичайно актуальною технічною проблемою.

В кваліфікаційній роботі передбачається розробка технологічного процесу механічної обробки деталі шестерня з використанням верстатів з ЧПК, з метою підвищення продуктивності виготовлення даної деталі.

## 1 Загальна частина

### 1.1 Службове призначення деталі в складальній одиниці

Насос шестеренний НШ32УК-3 призначений для використання в сільськогосподарській та промисловій мобільній техніці.

Насос має торцову та радіальну компенсацію зазорів, які в поєднанні з обмеженою зоною високого тиску забезпечують надійну роботу на малов'язких робочих рідинах при збереженні високого ККД.

Робоча рідина в шестереному насосі нагнітається за допомогою ведучої 2 та веденої 3 шестерен, розташованих в розточках корпусу 1. Шестерні розташовуються між металофторопластовими втулками 5, 6, 7, 8 які виконують роль підшипників і одночасно являють собою компенсатори зазорів. Компенсатори ущільнюються в розточках корпусу 1 та кришки 2 за допомогою манжет 9 та 10. Ведучий вал ущільнюється манжетою 11, яка фіксується в кришці 2 за рахунок натягу по діаметру. Кришка приєднується до корпусу бовтами 12, під якими встановлені пружинні шайби 13. Герметичність по площині роз'єму корпус-кришка досягається установкою гумового кільця 14.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насоса шестеренного

Найменування параметру	Норма для типорозміру
Номінальний робочий об'єм, см <sup>3</sup>	32
Тиск на виході, МПа	
- номінальний	16
- максимальний	21
Тиск на вході, МПа	
- номінальний	0,08
- максимальний	0,15

Продовження таблиці 1.1

1	2
Частота обертання, с <sup>-1</sup>	
- номінальна	40
- мінімальна	8,3
- максимальна	50
Номінальна об'ємна подача, л/хв, не менше	68,6
Коефіцієнт подачі, не менше	0,94
Загальний ККД, не менше	0,83
Номінальна потужність, кВт, не більше	26,6
Маса, кг, не більше	4,4
Габаритні розміри, мм	167x134x155

Шестерня ведуча НШ32УК-3-00-03 разом із шестернею веденою утворюють качаючий вузол насоса шестеренного. Для передачі крутного моменту від двигуна на приводному валу нарізані шліци. Шийки шестерні  $\varnothing 25f8$  призначені для базування деталі на підшипники ковзання і мають високі параметри точності та шорсткості. Сальникова частина валу  $\varnothing 25e9$  має високий параметр шорсткості для забезпечення щільного спряження деталі та гумової манжети.

Вимоги точності задані коректно і відповідають діючим стандартам. Метод встановлення розмірів – комбінований. Додатковими технічними умовами визначені твердість та місця маркування.

## 1.2 Аналіз технологічності деталі і технічні умови на її виготовлення

Деталь має багато нетехнологічних елементів. Насамперед це зубчатий вінець. При можливості слід використовувати заготовку з зубчатим вінцем, отриманим методами пластичного деформування. Це значно зменшить трудомісткість обробки. Конфігурація деталі ускладнює використання прохідних різців. Торці зубчатого колеса шліфуються з піднутрінням. Це викликано необхідністю зменшити до мінімуму витоки мастила крізь торцьові зазори між шестернею та втулкою під час роботи насоса. Обробка шліців також є достатньо трудомісткою. Жорсткість вала є достатньою для отримання розмірів високої точності.

Деталь є достатньо складною, з високими вимогами по точності і, особливо, по шорсткості. Шийки шестерні  $\varnothing 26f8$  та торці зубчатого вінця  $22,5h8$  мають параметр шорсткості  $R_a 0,16$ . Сальникова ділянка приводного вала, яка контактує з ущільнювачем та шліцевий вал мають розмір  $\varnothing 25e9$  та параметри шорсткості  $R_a 0,32$  та  $R_a 1,25$  відповідно. Зубчатий вінець  $\varnothing 55f7$ ;  $R_a 1,25$ . Шорсткість поверхні зубців по евольвентному профілю складає  $R_a 2,5$ . Перераховані поверхні є найбільш складними та вимагають використання шліфувальних та суперфінішних верстатів. Інші поверхні оброблюються за 11 – 14 квалітетами і мають параметри шорсткості  $R_a 3,2 - 12,5$  що можна досягти лезовою обробкою.

Дані аналізу приведено в таблиці 2.2.

Технічні умови на виготовлення деталі:

1. Маса заготовки 1,65 кг, не більше; КИМ не менше 0,50.
2. Цементувати  $h 0,7...1,3$  мм; 57...63 HRC; серцевина 25...45 HRC.
3. Допускається виготовлення із сталі 25ХГТ ГОСТ 4543-71.
4. Деталі розділити на груп за значенням розміру М:
5. Гострі кромки по профілю евольвенти та западини зубця заокруглити  $R0,05...0,15$  мм.
6. Допускається неплщинність поверхонь І та К з вогнутістю в тіло

шестерні 0,012мм, не більше, та випуклістю 0,005мм, не більше.

7. Допускається заниження розміра Н до 4,75мм на двох шліцях в місці змикання інструмента.

8. Допускається заниження розміра Л до  $\varnothing 25,90$ мм.

9. Невказані граничні відхилення розмірів: h14;  $\pm(t/2)$ .

Таблиця 1.2 – Параметри точності деталі шестерня

№	Найменування поверхні	Розміри з відхиленням	Квалітет	Точність відносних поворотів	R <sub>a</sub>
1	Торець	165 <sub>-0,3</sub>	h14		12.5
2	Фаска	0,6x45	h14		12,5
3	Шийка	$\varnothing 26^{+0,055}_{-0,07}$	f8	$\sqrt{\text{0,01}} \ E$	0.16
4	Торець	31,25	h14	$\sqrt{\text{0,01}} \ E$	0,16
5	Канавка	$\varnothing 25,85_{-0,52}$	h14		12.5
6	Зубчатий вінець	$\varnothing 55^{-0,02}_{-0,05}$	f7	$\sqrt{\text{0,01}} \ E$	1,25
7	Зубці	$\varnothing 40$	h14		2.5
8	Торець	34 <sub>-0,04</sub>	h8	$\sqrt{\text{0,01}} \ E$	0,16
9	Канавка	$\varnothing 25,85_{-0,52}$	h14		12.5
10	Шийка	$\varnothing 26^{+0,055}_{-0,07}$	f8	$\sqrt{\text{0,01}} \ E$	0.16
11	Канавка	$\varnothing 23,5_{-0,21}$	h12		6,3
12	Зовнішня циліндрична поверхня	$\varnothing 25^{-0,04}_{-0,092}$	e9	$\sqrt{\text{0,01}} \ E$	0.32
13	Канавка	$\varnothing 23,5_{-0,21}$	h12		6,3
14	Шліцевий вал	$\varnothing 25^{-0,04}_{-0,092}$	e9		1,25
15	Шліці	5 <sub>-0,035</sub> <sub>-0,2</sub>	d11		3.2
16	Торець	165 <sub>-0,3</sub>	h14		12.5
17	Фаска	0,6x45	h14		12,5

### 1.3 Визначення типу виробництва

Вихідні дані: програма випуску деталей  $N_{\text{вип}} = 10000$  шт.

Розраховуємо програму запуску деталей, шт:

$$N_{\text{зап}} = N_{\text{вип}} \cdot m + N_{\text{з.ч.}} + N_{\text{бр}} = 13725$$

де:  $N_{\text{вип}} = 10000$  – програма випуску виробів, шт.;

$m = 1$  – кількість деталей у виробі, шт.;

$N_{\text{з.ч.}} = N_{\text{вип}} \cdot 0,2 = 2000$  – кількість деталей, які випускаються у вигляді запасних частин, шт.;

Кількість деталей (шт.), які компенсують плануємий технологічно неминучий брак деталей розраховується за формулою:

$$N_{\text{бр}} = (N_{\text{вип}} \cdot m + N_{\text{з.ч.}}) \cdot \left[ \left( 1 + \frac{\alpha_1}{100} \right) \dots \left( 1 + \frac{\alpha_{16}}{100} \right) - 1 \right] = 1725$$

де:  $\alpha_1 \dots \alpha_{16}$  – відсоток технологічно неминучого браку на операціях технологічного процесу (на верстатах напівавтоматах та верстатах з ЧПК приймаємо 1%, на фінішних операціях – 0,5%).

Розрахункова кількість верстатів:

$$m_p = \frac{N_{\text{зап}} \cdot T_{\text{шт}}}{60 \cdot F_{\text{д}} \cdot \eta_{\text{з.н.}}}$$

де:  $N_{\text{зап}} = 13725$  – річна програма запуску, шт.;

$T_{\text{шт}}$  – штучний час, хв.;

$F_{\text{д}} = 3742$  – дійсний річний фонд часу, год.;

$\eta_{\text{з.н.}}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання. Оскільки на даному етапі тип виробництва ще невідомий, то приймаємо середнє значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання  $\eta = 0,8$ .

Для кожної операції встановлюємо прийнятну кількість робочих місць  $P$ , заокруглюючи до найближчого більшого цілого числа отримане значення  $m_p$ .

Для кожної операції визначаємо значення фактичного коефіцієнта завантаження робочого місця за формулою:

$$\eta_{з.ф.} = \frac{m_p}{P}$$

Кількість операцій, виконуваних на робочому місці, визначають за формулою:

$$O = \frac{\eta_{з.н.}}{\eta_{з.ф.}}$$

Всі необхідні дані та розраховані значення приведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Вихідні дані для розрахунку та розраховані значення.

Операція	T <sub>шт</sub> , хв	m <sub>p</sub>	P, шт	η <sub>з.ф.</sub>	O, шт
005	0,58	0,62	1	0,62	2
010	1,44	1,54	2	0,77	2
015	0,95	1,02	2	0,51	2
020	0,69	0,74	1	0,74	2
025	0,70	0,75	1	0,75	2
030	2,57	2,75	4	0,69	2
035	2,97	3,18	4	0,8	1
040	2,76	2,95	4	0,74	2
045	1,43	1,53	2	0,77	2
050	0,59	0,63	1	0,63	2
055	0,70	0,75	1	0,75	2
060	0,99	1,06	2	0,53	2
065	1,63	1,74	3	0,58	2
070	1,63	1,74	3	0,58	2
075	0,50	0,54	1	0,54	2
080	0,35	0,37	1	0,37	3

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операцій за формулою:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum O}{\sum P} = 0,97$$

де:  $\sum O$  – сумарне число різних операцій;

$\sum P$  – сумарне число робочих місць.

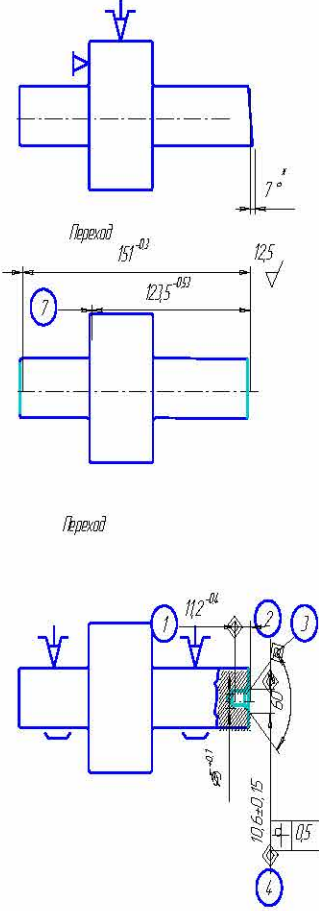
Згідно ГОСТ 14.004 – 75 для масового типу виробництва коефіцієнт закріплення операцій становить  $0,1 \leq K_{з.о.} \leq 1$ .

Остаточно приймаємо серійний тип виробництва.

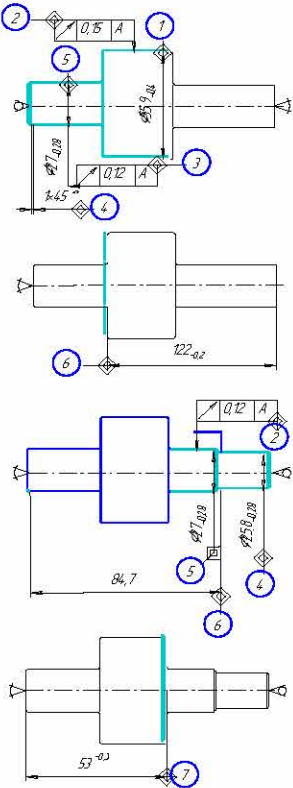
## 2 Технологічна частина

### 2.1 Аналіз базового технологічного процесу

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний процес механічної обробки шестерні ведучої НШ 32 УК-3-00-03

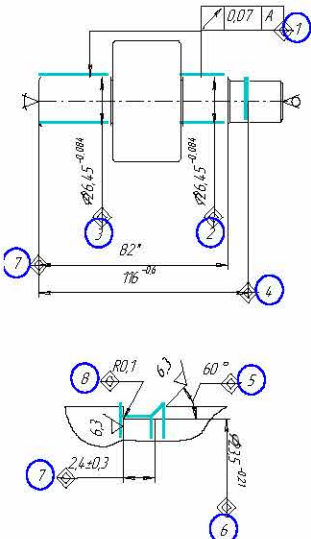
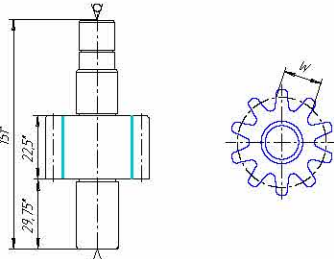
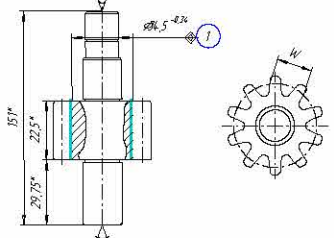
Номер та найменування операції	Верстат (найменування та модель)	Ескіз обробки зі схемою базування	Зміст операції
1	2	3	4
005 фрезерно центровальна	КЛІ-37 спец. Фрез. Центров. Авт.		<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Установити закріпити деталь</li> <li>2. фрезерувати два трця, дотримуючись розмірів 7,8 одночасно.</li> <li>3. центровати торець з двохсторін, дотримуючись розмірів 1,2,3,5,6 одночасно.</li> <li>4. зняти деталь укласти в тару.</li> <li>5. перевірити розміри 2,7,8,</li> </ol>

Продовження таблиці 2.1

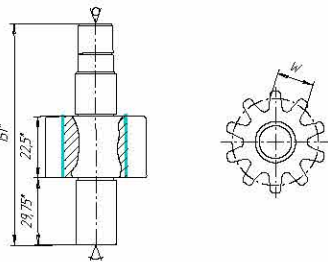
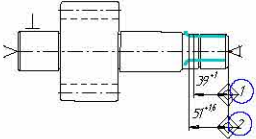
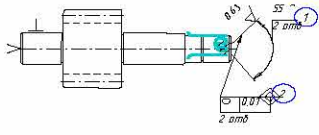
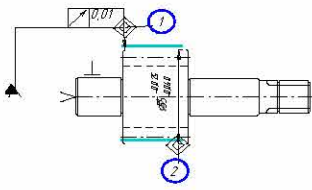
1	2	3	4
<p>010 Токарно-копіювальна</p>	<p>Токарно-копіювальний СА 022</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1.точити зовнішні діаметри цапф та вінця послідовно, дотримуючись розмірів 1.4.5 шорсткість <math>R_a = 12.5</math> та допуски 3.7</p> <p>2. підрізати торець дотримуючись розміру 6 та допуску 3 шорсткість <math>R_a = 12.5</math> та допуски 3</p> <p>3. точити зовнішні діаметри пліщової шийки та цапфи послідовно, дотримуючись розмірів 4,5,6, шорсткість <math>R_a = 12.5</math> та допуски 2</p> <p>4. подрезать торець вінця, дотримуючись розмірів 7, шорсткість <math>R_a = 12.5</math></p>



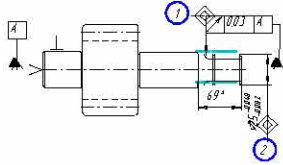
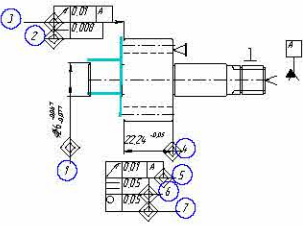
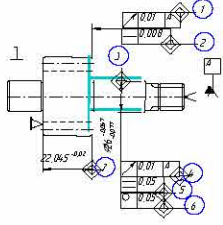
Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
<p>025 Токарно – копіювальна</p>	<p>Токарно – копіювальний ІН713</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1. точити дві шийки одночасно, дотримуючись розмірів 2,3, допуск 1</p> <p>2. врізати канавку дотримуючись розмірів 4,5,6,7,8</p> <p>3. розміри 5,7,8, шорсткість <math>R_a = 6,3</math> забезпечується технологічно</p>
<p>030 зубофрезерна</p>	<p>Зубофрезерний 5В312</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1. фрезерувати зубя деталі згідно карті ескізів.</p>
<p>035 зубодолбёжна</p>	<p>зубодолбёжний 5122КН 24</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1. долбити зубці дотримуючись розмірів в таблиці ескізів.</p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
<p>040 зубошевінгу вальна</p>	<p>зубошевінг увальний57 02В</p>		<p>Встановити, зняти деталь. 1. шевінгувати зубці деталі згідно карти ескізів</p>
<p>045 шліцефрезер на</p>	<p>шліцефрезе рний5350А</p>		<p>Встановити, зняти деталь. 1. фрезерувати шліці, дотримуючись розмірів згідно каті ескізів.</p>
<p>050 Шліфувальн а</p>	<p>3А151Круг ло – шліфуваль ний пла</p>		<p>Встановити, зняти деталь. 1. розкатати центрові отвори до шорсткості <math>R_a = 0,63</math> з двох сторін одночасно.</p>
<p>055 Шліфувальн а</p>	<p>3А151Круг ло – шліфуваль ний пла</p>		<p>Встановити, зняти деталь. 1. шліфувати зубчатий вінець, дотримавшись розміру 2, допуску 1, ш орсткість <math>R_a = 1,25</math></p>

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
<p>060 Шліфувальна</p>	<p>шліфувальний ЗМ151</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1. шліфувати шліцьову та сальникову шийки, дотримуючись розмір 2, допуск 1 шорсткість <math>R_a = 1,25</math>.</p>
<p>065 шліфувальна</p>	<p>Шліфувальний SASE 200\05</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1. шліфувати шийку короткого боку, дотримуючи розмір 4, допуски 2,3,5,6,7 одночасно.</p>
<p>070 шліфувальна</p>	<p>Шліфувальний SASE 200\05</p>		<p>Встановити, зняти деталь.</p> <p>1. шліфувати шийку з довгого боку, дотримуючись розміру 3, шліфувати торець, дотримуючи розмір 7, допуски 1,2,4,5,6 одночасно.</p>



Технологічний процес обробки шестерні веденої виконується на спеціальних високо продуктивних верстатах при цьому на них використовуються спеціальне технологічне обладнання, призначене лише для даної деталі. Для переобладнання верстатів на іншу деталь необхідно провести значні витрати. З метою вдосконалення технологічного процесу більш ефективно застосування на деяких операціях механічної обробки верстатів з ЧПК.

## 2.2 Вибір способу отримання заготовки

Деталь шестерня ведуча відноситься до класу валів. Виготовляється із сталі 18ХГТ. Допускається виготовлення із сталі 25ХГТ. Клас точності виготовлення поковки – Т5. Група сталі поковки – М2. Ступінь складності поковки – С2. Характеристики матеріалу та його хімічний склад наведено в таблицях 2.2 та 2.3.

Таблиця 2.2 – Механічні властивості матеріалу деталі

Марка сталі	Границя текучості, кгс/мм <sup>2</sup>	Тимчасовий опір розриву, кгс/мм <sup>2</sup>	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Твердість в відпаленому стані, НВ
18ХГТ	75	90	10	40	156 – 207

Таблиця 2.3 – Хімічний склад матеріалу деталі

Марка сталі	Вуглець С, %	Хром Х, %	Марганець Г, %	Титан Т, %
18ХГТ	0,18	1	1	1

В базовому технологічному процесі передбачено метод отримання заготовки – об'ємна штамповка. Цей метод має переваги перед іншими методами, наприклад, перед ковкою. Об'ємною штамповкою можна отримувати заготовки складної форми з високою якістю поверхонь (параметр шорсткості  $R_z$  80...20), з невеликими припусками. Цей метод є дуже продуктивним (десятки та сотні поковок за годину).

Заготовки піддають термічній обробці – відпалу. Метою термічної обробки є усунення дефектів які є наслідком нагріву та обробки тиском, зниження твердості, усунення остаточних напружень, покращення оброблюємості різанням, а також підготовка структури матеріалу для кінцевої термічної обробки після обробки різанням.

Для підвищення терміну використання ріжучого інструменту при обробці поковок, а також для полегшення контролю якості поверхні поковки очищують від окалини на дробоструйних апаратах.

Після лезової обробки деталі її піддають кінцевій термічній обробці – дифузійному насиченню неметалами. Деталь необхідно цементувати на глибину  $h = 1,1...1,35\text{мм}$ , твердість поверхні 57...63 HRC, серцевина 25...45 HRC.

## 2.3 Побудова маршрутів обробки окремих поверхонь деталі

Таблиця 2.4 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь деталі кронштейн СОУ 00.204

№ пов	Допуск на поверхню $\delta_{де}$ мм	Допуск на заготовку $\delta_{з}$ мм	Загальне уточнення, $E_3$	Шорсткість поверхні, мкм	Можливі варіанти маршрутів обробки		Допуск на методи обробки	Уточнення по кожному переходу
					№	Зміст маршруту		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
9 12 13	0,03	1,5	50	0,16	1	Точіння чорнове	0,43	3,48
						Точіння чистове	0,12	3,58
						Шліфув. чорнове	0,05	2,0
						Шліфув. чистове	0,03	2,0
						Суперфініш	0,03	1,0
11	0,03	1,5	50	0,16	2	Точіння чорнове	0,43	3,48
						Точіння чистове	0,21	3,58
						Шліфув. чорнове	0,52	2,0
						Шліфув. чистове	0,43	2,0
						Шліфув. тонке	0,21	1,5
11	0,025	1,5	60	0,63	1	Точіння чорнове	0,43	3,48
						Точіння чистове	0,12	3,58
						Шліфування	0,025	4,8
						Доводка	0,025	1,0

#### Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
11	0,025	1,5	60	0,63	2	Точіння чорнове	0,43	3,48
						Точіння чистове	0,12	3,58
						Шліфув. чорнове	0,025	4,8
						Шліфув. чистове	0,015	1,66
12	0,05	0,8	10	1,25	1	Зубофрезерування	0,5	1,6
						Зубодовбання	0,15	2,0
						Зубошевінгування	0,1	1,5
					2	Зубофрезерування	0,5	1,6
						Зубодовбання	0,15	2,0
						Зубошліфування	0,05	3,0

#### 2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

З урахуванням вимог до деталі в першу чергу на шестерні необхідно обробити центрові отвори. Це обумовлено тим, що від них задано найбільш вимог.

При обробці шестерні в останню чергу обробляється поверхня цапф, торців зубчатого вінця і самі зубці.

При цьому на всіх операціях шестерня базується на центрових отворах.

005 Фрезерно – центровальна

Фрезерно –центрувальний МР021Ф4

1. Очистити установочні елементи від стружки.
2. Установити закріпити деталь

3. Фрезерувати два трця 1,2, дотримуючись розмірів одночасно.
4. Центрувати торець з двохсторін, дотримуючись розмірів одночасно.
5. Зенкерувати центровий отвір
6. Зняти деталь укласти в тару.
7. Перевірити розміри

#### 010 Токарна

Токарний 1725МФ3 з ЧПУ.

1. Встановити деталь до завантажного пристрою
2. Встановити та закріпити автоматично.
3. Чорнове підрізати торець 1 зняти фаску 3 точити зовнішні діаметри цапфи 4, та вінця 5 послідовно.
4. Чистове підрізати торець 1 зняти фаску 3 точити зовнішні діаметри цапфи 4, та вінця 5 послідовно.
5. Підрізати торець вінця 8 дотримуючись розмірів.
6. Підрізати торець ,дотримуючись розмірів .
7. Врізати канавку в торці вінця дотримуючись розмірів,
8. Зняти автоматично вкласти в тару.

#### 015 Токарна

Токарний 1725МФ3 з ЧПУ.

1. Встановити та закріпити .
2. Чорнове підрізати торець 2зняти фаску 12 точити поверхню шліцьової шийки 6 та цапфи 7 послідовно.
3. Чорнове підрізати торець 2зняти фаску 12 точити поверхню шліцьової шийки 6 та цапфи 7 послідовно.
4. Підрізати торець вінця 9 дотримуючись розмірів.
5. Врізати канавку в торці вінця дотримуючись розмірів.
6. Врізати канавку на шліцьовій поверхні 10 .
7. Відкрити, зняти деталь, укласти в тару.

020 Зубофрезерна

Зубофрезерний 5B312

1. Установити, закріпити деталь.
2. Фрезерувати зубці 11 дотримуючись розмірів.
3. Установити, закріпити деталь.

025 Зубодовбальна

Зубодовбальний 5122KH24

1. Установити, закріпити деталь
2. Долбїти зубці 11 дотримуючись розмірів.
3. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару

030 Зубошевінгувальна

Зубошевінгувальний 5702B

1. Установити, закріпити деталь
2. Шевінгувати зубці деталі.
3. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару

035 Шліцефрезерна

Шліцефрезерний 5350A

1. Установити, закріпити деталь
2. Фрезерувати шліці, дотримуючись розмірів.
3. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару.

040 Промивка.

Мийна машина

1. Мити деталь.
2. Встановити деталі до транспортного засобу.

045 Контрольна

1. Перевірити на наявність зазубрин, дотримання розмірів.

050 Шліфувальна

Шліфувальний 3A151 п/а .

1. Установити, закріпити деталь
2. Розкатати центра

3. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару.

055 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний SASE 200\05

1. Установити, закріпити деталь
2. Шліфувати зубчатий вінець 5 дотримуючись розмірів.
3. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару.

060 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний SASE 200\05

Установити, закріпити деталь

1. Шліфувати шліцьову 6 та сальникову 7 шийки дотримуючись розмірів.
2. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару

065 Круглошліфувальна

Круглошліфувальний SASE 200\05

1. Установити, закріпити деталь
2. Шліфувати шийку 4 короткої сторони дотримуючись розмірів.
3. Шліфувати торець вінця.
4. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару

070 Промивка.

Мийна машина

1. Мити деталь.
2. Встановити деталі до транспортного засобу.

075 Контрольна.

Стіл контрольний

1. Перевірити відсутність заусенців, гострих кромки, забої на деталях, наявність фасок візуально – 10%.

080 Суперфінішна.

Круглошліфувальний 3879.

1. Установити, закріпити деталь
2. Суперфінішувати дві шийки одночасно 1,2.

3. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару

085 Доводочна

Довідковий 020-011

1. Установити деталь до завантажуючого пристрою
2. Встановити до центрів за допомогою завантажуючого пристрою
3. Довести два торці 8, 9одночасно.
4. Відкрипити, зняти деталь, укласти в тару

090 Слюсарна

Верстак слюсарний.

1. Зачистити торці цапф.

95 Промивка.

Мийна машина

1. Мити деталь.

100 Протиральна.

1. Протерти усі поверхні та центрувальні гнізда шестерні у ручну.

110 Контрольна

Стіл контрольний.

## **2.5 Розробка структури та змісту технологічних операцій і вибір обладнання для їх здійснення**

Розробимо структуру та зміст операцій технологічного процесу деталі шестерня і занесемо дані до таблиці 2.5.

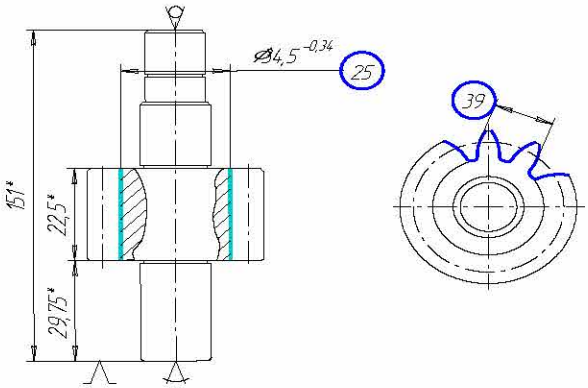
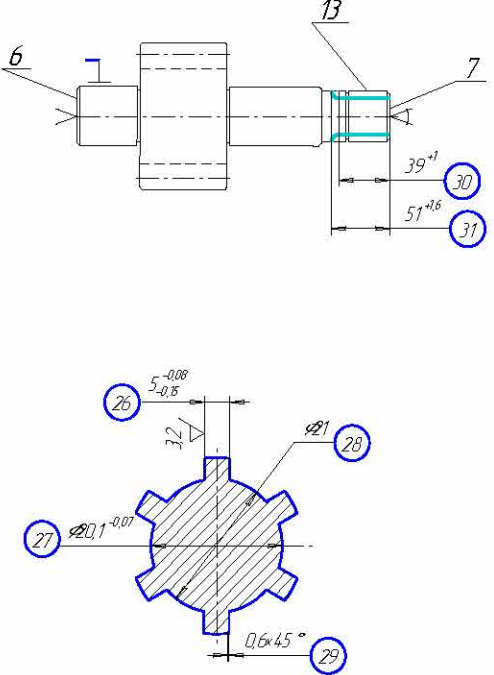
Таблиця 2.5 – Зміст операцій механічної обробки

№ перех.	Єскіз обробки зі схемами базування.
1	2
005	<p>Technical drawing of a shaft with dimensions and callouts. The shaft has a total length of 151 with a tolerance of -0.3. A specific section has a length of 123.5 with a tolerance of -0.53. A diameter of 11.2 with a tolerance of -0.4 is indicated. A detail view shows a diameter of 10.6 with a tolerance of -0.01. Callouts 1, 2, 3, 4, and 6 are present.</p>
010	<p>Technical drawing of a stepped shaft with dimensions and callouts. The total length is 122 with a tolerance of -0.2. A diameter of 5.9 with a tolerance of -0.04 is shown. A diameter of 7 with a tolerance of -0.28 is also shown. Surface texture symbols with values 0.15 A and 0.12 A are present. A chamfered end is labeled 1x45°. Callouts 5, 6, 7, 8, 9, 10, and 11 are present.</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
010	
015	

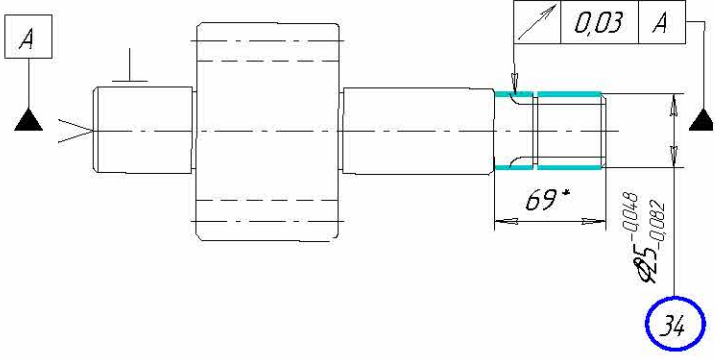
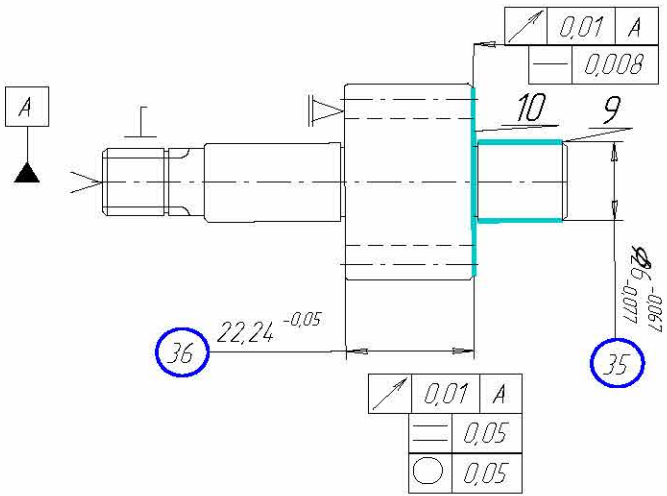
Продовження таблиці 2.5

1	2
<p>020</p> <p>025</p> <p>030</p>	 <p>Technical drawing showing a shaft assembly. The shaft has a diameter of <math>\varnothing 4,5^{-0,34}</math> (callout 25). The total length is 151*. The distance from the left end to the start of the gear is 29,75*. The gear has a width of 22,5*. A detail view of the gear teeth is shown with a callout 39.</p>
<p>035</p>	 <p>Technical drawing showing a shaft assembly and a gear. The shaft has a diameter of <math>\varnothing 20,1^{-0,07}</math> (callout 27). The gear has a diameter of <math>\varnothing 21</math> (callout 28) and a thickness of 5 (callout 26). The distance from the left end of the shaft to the start of the gear is 32. The distance from the right end of the shaft to the start of the gear is 51*16 (callout 31). The distance from the right end of the shaft to the end of the gear is 39*1 (callout 30). The gear has a pressure angle of <math>0,6 \times 45^\circ</math> (callout 29).</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
050	<p>Technical drawing of a shaft assembly. Callout 6 points to a feature on the left. Callout 7 points to a chamfered end with a 55° angle. Callout 32 (circled in blue) points to a circular feature with a tolerance of 0,01 and a note '2 амб'. A dimension of 0,63 is shown for the chamfer.</p>
055	<p>Technical drawing of a shaft assembly. Callout 6 points to a feature on the left. Callout 7 points to a feature on the right. Callout 11 points to a diameter of 55 with a tolerance of <math>-0,025</math> to <math>-0,060</math>. Callout 33 (circled in blue) points to a surface texture symbol with a tolerance of 0,01.</p>

Продовження таблиці 2.5

1	2
060	
065	

Продовження таблиці 2.5

1	2
070	
075	

## 2.6 Визначення припусків та операційних розмірів

Розрахунок проводимо для зовнішньої циліндричної поверхні цапфи  $\phi 26^{-0,065}_{-0,080}$ .

Розрахунок проводимо на основі методики професора В.М. Кована, яка викладена в роботах [2,4]. Для інших поверхонь значення розрахованих припусків зведені в таблиці.

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку припусків на зовнішню циліндричну поверхню  $\phi 26^{-0,065}_{-0,080}$ .

Найменування переходів обробки поверхонь	Середня економічна точність методу	Складові $Z^{\min}$ , мкм.					
		Шорсткість $R_z$ , табл. 10 [4]	Дефектн. шар $T$ , табл. 10 [4]	Питома кривизни $\Delta K$ , табл. 28 [4]	Коефіцієнт уточнення $K_y$ , табл. 31	Похибка базування $\epsilon_B$ , табл. 25 [4]	Похибка закріплення $\epsilon_3$ , табл. 28 [4]
1	2	3	4	5	6	7	8
Штамповка	h14(-1)	240	250	4	–	–	–
Обробка базових центрових отворів	–	–	–	–	–	0	14.0
Обточування чернове	h14(-0,74)	50	50	0,7	0,06	0	10.0
Обточування чистове	h11(0,19)	25	25	0,04	0,05	0	5,0
Шліфування	h9(-0,074)	10	20	–	–	0	2,5
суперфінішна	d7( $\begin{smallmatrix} -0,050 \\ -0,068 \end{smallmatrix}$ )	5	15	–	–	0	2.5

Таблиця 2.7 – Розрахунок припусків.

№ З/П	Визначаємий параметр	Розрахункова ф – ла	Розрахунок
1	2	3	4
1	Похибка зацентровки	$\rho_{Ц} = 0,25\sqrt{\delta^2 + 1}$	$\rho_{Ц} = 0,25\sqrt{3 + 1} = 0,79$
2	Кривизна заготовки	$\rho_{к.о.} = \Delta K \cdot l$	$\rho_{к.о.} = 0,004 \cdot 151 = 0,60$
3	Сумарне відхилення при обточуванні чорновому	$\rho = \sqrt{\rho_{к.о.}^2 + \rho_{Ц}^2}$	$\rho = \sqrt{0,79^2 + 0,60^2} = \sqrt{0,62 + 0,36} =$ $= 0,98\text{мм} = 980\text{мкм}$
4	Мінімальний припуск під чорнове обточування	$2Z_1^{\min} = 2(R_{z_0} + T_0 +$ $+ \sqrt{\rho^2 + \varepsilon_3^2})$	$2Z_1^{\min} = 2(240 + 250 +$ $+ \sqrt{980^2 + 10^2}) = 4,68$
5	Кривизна заготовки після чорнового обточування	$\rho_{K_2} = \Delta K \cdot l \cdot K_Y$	$\rho_{K_2} = 0,0007 \cdot 151 \cdot 0,06 =$ $= 0,0063\text{мм}$
6	Мінімальний припуск під чистове обточування	$2Z_2^{\min} = 2(R_{z_1} + T_1 +$ $+ \sqrt{\rho_{K_2}^2 + \varepsilon_3^2})$	$2Z_2^{\min} = 2(50 + 50 + \sqrt{25}) =$ $= 2(50 + 50 + 5) = 354\text{мкм}$
7	Кривизна заготовки після чистового обточування	$\rho_{K_3} = \Delta K \cdot l \cdot K_Y$	$\rho_{K_3} = 0,00004 \cdot 151 \cdot 0,05 =$ $= 0,0003\text{мм}$
8	Мінімальний припуск під шліфування	$2Z_3^{\min} = 2(R_{z_2} + T_2 +$ $+ \sqrt{\rho_{K_2}^2 + \varepsilon_3^2})$	$2Z_3^{\min} = 443\text{мкм}$
9	Мінімальний припуск під суперфінешу вання	$2Z_4^{\min} = 2(R_{z_3} + T_3 +$ $+ \sqrt{\varepsilon_3^2})$	$2Z_4^{\min} = 2\text{мкм}$

## Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
10	Максимальний припуск під чистове шліфування	$2Z_4^{\max} = 2Z_4^{\min} + \delta_3 - \delta_4$	$2Z_4^{\max} = 13 \text{ мкм}$
11	Максимальний припуск під чернове шліфування	$2Z_3^{\max} = 2Z_3^{\min} + \delta_2 - \delta_1$	$2Z_3^{\max} = 517 \text{ мкм}$
12	Максимальний припуск під чистове обточування	$2Z_2^{\max} = 2Z_2^{\min} + \delta_1 - \delta_2$	$2Z_2^{\max} = 470 \text{ мкм}$
13	Максимальний припуск під чернове обточування	$2Z_1^{\max} = 2Z_1^{\min} + \delta_0 - \delta_1$	$2Z_1^{\max} = 6080 \text{ мкм}$
14	Мінімальний розмір після чорнового шліфування	$D_4^{\min} = D_D^{\min} + 2Z_4^{\min}$	$D_4^{\min} = 25,935 + 0,002 = 25,923 \text{ мм}$
15	Максимальний розмір після чорнового шліфування	$D_4^{\max} = D_D^{\max} + 2Z_4^{\max}$	$D_4^{\max} = 25,920 + 0,013 = 25,933 \text{ мм}$
16	Мінімальний розмір після чистового обточування	$D_3^{\min} = D_4^{\min} + 2Z_3^{\min}$	$D_3^{\min} = 25,923 + 0,443 = 26,366 \text{ мм}$
17	Максимальний розмір після чистового обточування	$D_3^{\max} = D_4^{\max} + 2Z_2^{\max}$	$D_3^{\max} = 25,933 + 0,47 = 26,45 \text{ мм}$
18	Мінімальний розмір після чорнового обточування	$D_2^{\min} = D_3^{\min} + 2Z_2^{\min}$	$D_2^{\min} = 26,366 + 0,354 = 26,72 \text{ мм}$

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
19	Максимальний розмір після чорнового обточування	$D_2^{\max} = D_3^{\max} + 2Z_2^{\max}$	$D_2^{\max} = 26,45 + 0,47 = 26,92 \text{ мм}$
20	Мінімальний розмір заготовки	$D_1^{\min} = D_2^{\min} + 2Z_1^{\min}$	$D_1^{\min} = 26,72 + 4,68 = 31,4 \text{ мм}$
21	Максимальні розміри заготовки	$D_1^{\max} = D_2^{\max} + 2Z_1^{\max}$	$D_1^{\max} = 26,92 + 6,08 = 33 \text{ мм}$
22	Середній операційний припуск на чистове шліфування	$\Delta Z_4 = \frac{Z_4^{\max} + Z_4^{\min}}{2}$	$\Delta Z_4 = \frac{0,13 + 0,02}{2} = 0,075$
23	Середній операційний припуск на чернове шліфування	$\Delta Z_3 = \frac{Z_3^{\max} + Z_3^{\min}}{2}$	$\Delta Z_3 = \frac{0,517 + 0,443}{2} = 0,48$
24	Середній операційний припуск на чистове обточування	$\Delta Z_2 = \frac{Z_2^{\max} + Z_2^{\min}}{2}$	$\Delta Z_2 = \frac{0,47 + 0,354}{2} = 0,412$
25	Середній операційний припуск на чернове обточування	$\Delta Z_1 = \frac{Z_1^{\max} + Z_1^{\min}}{2}$	$\Delta Z_1 = \frac{6,08 + 4,68}{2} = 2,152$
26	Глибина різання на суперфініш	$t_4 = Z_4^{\min} + \frac{5(Z_4^{\max} - Z_4^{\min})}{6}$	$t_4 = 0,02 + \frac{5(0,013 - 0,002)}{6} = 0,126$

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
27	Глибина різання на чорнове шліфування	$t_3 = Z_3^{\min} + \frac{5(Z_3^{\max} - Z_3^{\min})}{6}$	$t_3 = 0,443 + \frac{5(0,517 - 0,443)}{6} = 0,5046$
28	Глибина різання на чистове обточування	$t_2 = Z_2^{\min} + \frac{5(Z_2^{\max} - Z_2^{\min})}{6}$	$t_2 = 0,354 + \frac{5(0,47 - 0,354)}{6} = 0,450$
29	Глибина різання на чорнове обточування	$t_1 = Z_1^{\min} + \frac{5(Z_1^{\max} - Z_1^{\min})}{6}$	$t_1 = 4,68 + \frac{5(6,08 - 4,68)}{6} = 5,846$

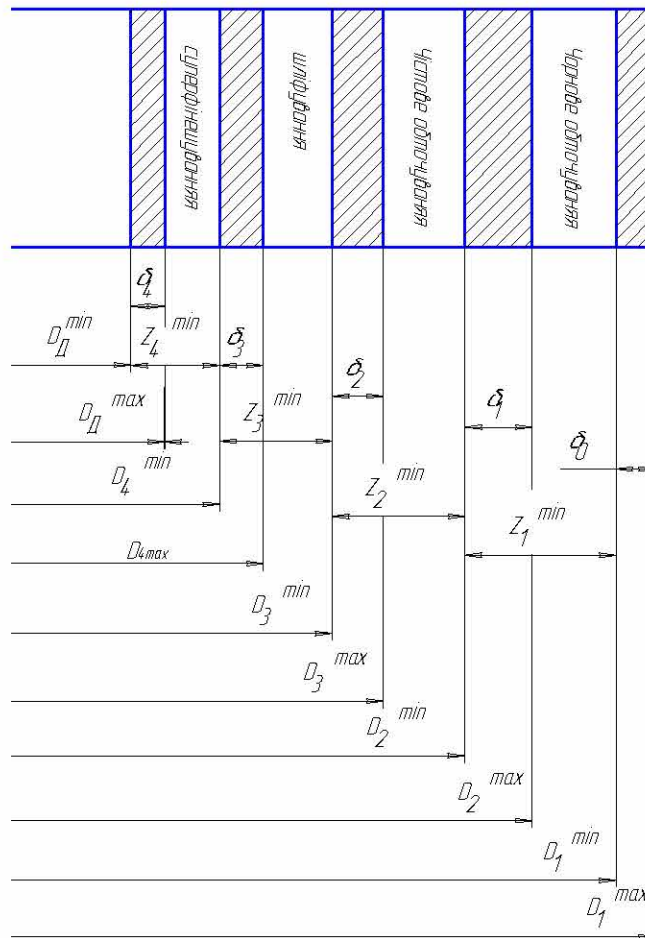


Рисунок 2 – Схема графічного розміщення припусків і допусків

Таблиця 2.8 – Звідна таблиця розрахунку припусків

Оброблювана поверхня і маршрут її обробки	Складові $Z^{\min}$ , МКМ.				$2Z^{\min}$ , МКМ	$2Z^{\max}$ , МКМ	$2\Delta Z$ , мм.	t, мм	Операційні розміри, мм.
	Rz	T	$\rho$	$\varepsilon_y$					
1	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Прокат	240	250	810	–					Ø33
Чорнове обточування	50	50	980	-	468	6080	2,15	5,84	Ø26,92
Чистове обточування	25	25			354	470	0,412	0,45	Ø26,45
Чорнове шліфування	10	20			443	517	0,48	0,50	Ø25,923
суперфініш	5	15			2	13	0,075	0,12	Ø25,923

## 2.7 Визначення режимів різання

Розрахунок режимів різання для деталі шестерня наведено в таблицях 2.9 та 2.10.

Таблиця 2.9 – Розрахунок режимів різання.

№ П/ З	Найменування визначаємого параметру	Розрахункова формула	Розрахунок			
			Поверхня 9.		Поверхня 10.	
			Перехід 3	Перехід 4	Перехід 4	Перехід 8
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
1.	Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання	$K_V = K_{U_V} \cdot K_{U_V} \cdot K_{U_V} \times K_{Y_V} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{Ov}$	$K_V = \left(\frac{75}{90}\right)^{1.75} \cdot 0.9 \cdot 1.0 \cdot 0.7 \cdot 1.2 \cdot 1.04 = 0.78$			
2.	Швидкість різання м/хв.	$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S^{Y_V}}$	$V = \frac{340}{200^{0.2} \cdot 4^{0.15}} \times \frac{1}{0.6^{0.35}} = 63,3$	$V = \frac{340}{200^{0.2} \cdot 1^{0.15}} \times \frac{1}{0.2^{0.35}} = 88$	$V = \frac{340}{200^{0.2} \cdot 3^{0.15}} \times \frac{1}{0.9^{0.35}} = 107$	$V = \frac{340}{200^{0.2} \cdot 0,5^{0.15}} \times \frac{1}{0.016^{0.35}} = 140,6$
3.	Кількість обертів шпинделя об/хв.	$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}$	$n = \frac{1000 \cdot 63,3}{3.14 \cdot 32} = 579$ Приймаємо 560	$n = \frac{1000 \cdot 88}{3.14 \cdot 26,45} = 895$ Приймаємо 900	$n = \frac{1000 \cdot 107}{3.14 \cdot 59} = 561$ Приймаємо 560	$n = \frac{1000 \cdot 140,6}{3.14 \cdot 55,4} = 787$ Приймаємо 800
4.	Фактична швидкість різання, м/хв.	$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$	$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 32 \times 560}{1000} = 61.2$	$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 41 \times 360}{1000} = 87$	$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 59 \times 560}{1000} = 106,$	$V_\phi = \frac{3.14 \cdot 55,4 \times 800}{1000} = 138,68$

Продовження таблиці 2.9

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
5.	Загальний поправочний коефіцієнт на силу $P_Z$	$K_{P_Z} = K_{M_{P_Z}} \cdot K_{\beta_{P_Z}} \cdot K_{\lambda_{P_Z}} \times$ $\times K_{\gamma_{P_Z}} \cdot K_{\gamma_{P_Z}}$	$K_{P_Z} = \left(\frac{90}{75}\right)^{0.75} \cdot 1.08 \cdot 1.0 \cdot 1.25 = 1.539$			
6.	Тангенціальна сила різання $P_Z$	$P_Z = C_{P_Z} \cdot t^{X_{P_Z}} \cdot S^{Y_{P_Z}} \times$ $\times V^{n_{P_Z}} \cdot K_{P_Z}$	$P_Z = 300 \cdot 4^{1.0} \times$ $\times 0.6^{0.75} \cdot 1.539 \times$ $\times 61.2^{-0.15} = 256.63$	$P_Z = 300 \cdot 0.3^{1.0} \times$ $\times 0.2^{0.75} \cdot 1.539 \times$ $\times 61.75^{-0.15} = 74.42$	$P_Z = 300 \cdot 3^{1.0} \times$ $\times 0.6^{0.75} \cdot 1.539 \times$ $\times 31.29^{-0.15} = 321.18$	$P_Z = 300 \cdot 0.5^{1.0} \times$ $\times 0.016^{0.75} \cdot 1.539 \times$ $\times 29.48^{-0.15} = 108$
7.	Потужність різання, кВт	$N = \frac{P_Z \cdot V}{102 \cdot 60}$	$N = \frac{256.6 \cdot 61.2}{102 \cdot 60} =$ $= 2.5$	$N = \frac{74.42 \cdot 87}{102 \cdot 60} =$ $= 1.05$	$N = \frac{321.1 \cdot 106}{102 \cdot 60} =$ $= 1.03$	$N = \frac{108 \cdot 138.68}{102 \cdot 60} =$ $= 0.89$

Таблиця 2.10 – Звідна таблиця режимів різання на обробку шестерні ведучої НШ 32УК-3-00-03.

№ Поверхні	Операція	Глибина різання $t$ , мм	Подача $S_0$ , мм/об.дет	Хвилина подача $S_m$ , мм/хв	Подача радіальна при шліф. $S_r$ , мм/об	Швидкість різання $V$ , м/хв.	Кількість обертів $n$ , об/хв	Швидкість різання при шліфуванні, м/сек.	Кількість хвойних ходів інструменту $n_{д.х.}$ ход/хв.	Потужність різання, кВт.	Коефіцієнт використання потужності $\eta_M$	Довжина робочого проходу $L$ , мм	Основний час $T_0$ , хв
	Перехід												
1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
1,2	005	4	100	-	-	182,7	582	-	-	6,7	0,8	45	0,5
	3,4												
9	010	4	0,4	-	-	63,3	560	-	-	2,5	0,55	24	0,12
	3												
10	010	3	0,4	-	-	107	560	-	-	1,03	0,25	24	0,165
	3												
11	010	3,5	0,38	-	-	63,3	560	-	-	2,2	0,50	56	0,142
	3												
9	010	0,3	0,16	-	-	88	900	-	-	1,05	0,26	30	0,21
	4												
10	010	0,5	0,1	-	-	140,6	800	-	-	0,89	0,22	20	0,23
	4												
12	015	4	0,4	-	-	63,3	560	-	-	0,7	0,18	100	0,27
	3												
13	015	0,5	0,4	-	-	63,3	560	-	-	0,5	0,12	68	0,18
	3												
15	015	3,5	0,4	-	-	107	560	-	-	1	0,245	24	0,165
	3												

Продовження таблиці 2.10

1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
12	<u>015</u> 4	0,3	0,16	–	–	88	900	–	–	0,5	0,12	30	0,2
13	<u>015</u> 4	0,3	0,16	–	–	88	900	–	–	0,7	0,18	68	0,45
15	<u>015</u> 4	0,5	0,1	–	–	140,6	800	–	–	2,1	0,49	20	0,17
12	<u>015</u> 5	0,6	0,1	–	–	71	800	–	–	2,5	0,55	10	0,13
13	<u>015</u> 6	1,15	0,07	–	–	60	900	–	–	2,5	0,55	2,4	0,362
11	<u>020</u> 3	9,7	2,17	–	–	28,2	118	–	–	1,5	0,213	-----	1,77
11	<u>025</u> 3	1,3	0,39	–	–	23	305	–	–	1,5	0,213	127	1,02
11	<u>030</u> 3	0,12	23	–	–	20	50	–	–	0,1	0,01	21	1,95
13	<u>035</u> 2	2,9	1,2	–	–	56	224	–	–	2,1	0,29	64	0,98
6,7	<u>050</u> 3	0,1	0,8	–	–	35	920	50	–	2,1	0,29	11,2	0,25
13	<u>055</u> 3	0,40	–	–	1,2	–	200	34,5	–	2,2	0,31	22,5	0,33

Продовження таблиці 2.10

1.	2.	3.	4.	5.	6.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.
15	$\frac{060}{3}$	0,14	–	–	0,42	–	270	50	–	2,2	0,31	69	0,52
9,10	$\frac{065}{3}$	0,17	0,002	–	–	50	180	–	–	1,5	0,45	30	0,5
9,10	$\frac{070}{3}$	0,17	0,002	–	–	50	180	–	–	1,5	0,45	30	0,55
10	$\frac{075}{3}$	0,005	–	–	–	17	300	–	600	6,7	0,8	–	0,3
10	$\frac{080}{3}$	0,005	0,0015	–	–	70	300	–	–	6,7	0,8	–	0,45

## 2.8 Технічне нормування операцій

Вибір та розрахунок складових штучного часу виконуємо згідно робіт [1,14] дані розрахунків зведені в таблицю 2.11.

Норми часу на виконання операції в умовах серійного виробництва визначаємо розрахунковим методом. При цьому в масовому виробництві визначають норму штучного часу, хв.:

$$t_{шт} = t_o + t_e + t_{техн.обсл.} + t_{орг.обсл.} + t_{пер};$$

в умовах серійного та одиничного виробництва – норму штучно – калькуляційного часу, хв.:

$$t_{шт.к} = t_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n};$$

де  $t_o$  – основний час обробки (визначають при розрахунку режимів різання);

$t_B$  – допоміжний час [37, 38, 40, 54];

$t_{техн. обсл.}$ ,  $t_{орг. обсл.}$  – відповідно час технічного та організаційного обслуговування;

$t_{пер}$  – час перерв;

$t_{п.з.}$  – підготовчо – заключний час, витрачає мий на ознайомлення робочого з кресленням деталі та переналадку обладнання;

$n$  – кількість деталей у партії.

Допоміжний час включає у себе слідуєчі елементи:

$t_{B1}$  – час на встановлення та зняття деталі;

$t_{B2}$  – час на підвід та відведення ріжучого інструмента;

$t_{B3}$  – час на керування верстатом;

$t_{B4}$  – час на проведення контрольних вимірів.

Сума основного та допоміжного часу називається оперативним часом:

$$t_{оп} = t_o + t_e$$

Норма часу на технічне обслуговування обладнання, хв.:

$$t_{\text{техн.обсл}} = \alpha^0 / t_o$$

де  $\alpha$  – нормативний відсоток від основного часу.

Норма часу на організаційне обслуговування, хв.:

$$t_{\text{орг.обсл}} = \beta^0 / t_o$$

Норма часу перерв на відпочинок, хв.:

$$t_{\text{пер.}} = \gamma^0 / t_o$$

де  $\gamma, \beta$  – нормативні відсотки від операційного часу [37, 38, 40, 54].

Підготовчо – заключний час обирають по нормативним даним [37],

на партію деталей  $t_{п.з} = 20$  хв.

В умовах серійного та одиничного виробництва

$t_{\text{техн. обсл.}}, t_{\text{орг. обсл.}}, t_{\text{пер}} = 6,5\%$  об'єднані однією нормою часу.

Розрахунок проводимо для 010 операції, токарної.

$$t_{\text{ум}} = 0.867 + 0.25 + 0.0195 + 0.0195 + 0.0195 = 1,1755$$

Визначаємо  $t_B$ :

$$t_e = t_{e1} + t_{e2} + t_{e3} + t_{e4}$$

Визначаємо  $t_{B1}$  час на встановлення та зняття деталі  $t_{B1} = 0,08$  хв.

Визначаємо  $t_{B2}$  час на підвід та відвід інструменту  $t_{B2} = 0,04$  хв.

Визначаємо  $t_{B3}$  час на керування верстатом  $t_{B3} = 0,01$  хв.

Визначаємо  $t_{B4}$  час на проведення контрольних вимірів (вимірюємо один розмір штангенциркулем)  $t_{B4} = 0,12$  хв.

$$t_e = 0.08 + 0.04 + 0.01 + 0.12 = 0.25$$

Сума загального та допоміжного часу називається оперативним часом:

$$t_{on} = t_o + t_B = 0,3 + 0,25 = 0,55$$

Норма часу на технічне обслуговування, хв.:

$$t_{\text{техн.обсл.}} = 0.0195$$

де  $\alpha=6,5\%$  - нормативний процент від основного часу.

Норма часу на організаційне обслуговування, хв.:

$$t_{\text{орг.обсл.}} = 0.0195$$

Норма часу перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.:

$$t_{\text{пер.}} = 0.0195$$

де  $\beta, \gamma = 6,5\%$  – нормативні проценти від операційного часу.

$$t_{\text{шт.к}} = 0,1755 + \frac{20}{10000} = 0.1775 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.11 – Звідна таблиця норм часу на обробку деталі шестерні ведучої НШ – 32 УК-3-00-03. (хвилини)

№ Оп.	T <sub>О</sub> , хв.	Час на устан. та зняття деталі t <sub>в1</sub> .	Час на підвід та відвід інструмента,	Час на керування верстатом, t <sub>в3</sub> .	Час на проведення промірів, t <sub>в4</sub> .	Час оперативний, t <sub>оп</sub> .	t обслуговування		Час на перерву, t <sub>пер</sub> .	Штучний час, T <sub>шт</sub> .	Час підготовчо – заключний T <sub>пз</sub> .	Кількість деталей в партії n	T <sub>пз</sub> n	T <sub>шт.</sub> к.
							t <sub>техн.обсл.</sub>	t <sub>орг.обслуг.</sub>						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
005	0,5	0,1	0,03	0,01	0,4	1,34	0,052	0,052	0,052	0,8085	30	10000	0,002	0,81
010	0,867	0,08	0,04	0,01	0,12	0,55	0,0195	0,0195	0,0195	1,1755	40	10000	0,002	1,1775
015	1,927	0,08	0,04	0,01	0,12	0,55	0,0195	0,0195	0,0195	2,235	40	10000	0,002	2,237
020	1,77	0,35	0,21	0,02	0,36	2,71	0,11505	0,11505	0,11505	3,055	40	10000	0,002	3,057
025	1,02	0,09	0,06	0,01	0,24	1,42	0,0663	0,0663	0,0663	1,6189	30	10000	0,002	1,6209
030	1,95	0,1	0,05	0,01	0,24	2,35	0,126	0,126	0,126	2,728	20	10000	0,002	2,73
035	0,98	0,1	0,05	0,01	0,02	1,16	0,0637	0,0637	0,0637	1,351	30	10000	0,002	1,3531
050	0,25	0,01	0,02	0,01	0,12	0,41	0,01625	0,01625	0,01625	0,45875	30	10000	0,002	0,46075
055	0,33	0,4	0,25	0,2	0,02	1,2	0,02145	0,02145	0,02145	1,26435	30	10000	0,002	1,26635
060	0,52	0,5	0,3	0,2	0,02	1,54	0,338	0,338	0,338	1,6414	30	10000	0,002	1,6434
065	0,5	0,5	0,3	0,2	0,02	1,52	0,0325	0,0325	0,0325	1,6175	30	10000	0,002	1,6191
070	0,55	0,5	0,3	0,2	0,02	1,57	0,3575	0,3575	0,3575	1,67725	30	10000	0,002	1,67925
075	0,3	0,5	0,3	0,2	0,02	1,32	0,0195	0,0195	0,0195	1,3785	20	10000	0,002	1,3805
080	0,45	0,5	0,3	0,2	0,02	1,47	0,02925	0,02925	0,02925	1,55775	20	10000	0,002	1,55975

## 3 Конструкторська частина

### 3.1 Розробка конструкції пристрою для встановлення і закріплення деталі

#### 3.1.1 Опис роботи повідкового патрону.

Патрон складається із нижчеперелічених частин:

Корпус патрону (1) у вигляді циліндра з виконаними на торці пазами в яких переміщується самоцентруюча планшайба (2) в складі з вісьма індукційних кулачків (3) і самими кулачками (4) з закріпленими до останніх грузами(5).

На протилежній стороні корпусу встановлений конічний отвір для базування на шпіндель верстата. На конусі виконані отвори під розміщення кріпінних болтів (6) .

Отвори розміщені на колі, концентричному зовнішньому циліндру патрону.

Самоцентруюча планшайба (2) також виконана у вигляді диску. Її середину перетинає прямокутний наскрізний паз в якому розміщується інерційні кулачки(3) і грузи (5) .

Крім того на самоцентруючій планшайбі виконані два отвори в котрих розміщені вісі для монтування інерційних кулачків. Інерційні кулачки монтуються на голчатих підшипниках(7).

Радіальне переміщення самоцентруючої планшайби забезпечується за рахунок центруючи штирів(8) і пружин (9).

Поворот інерційних кулачків забезпечується за рахунок пружин вороття(10) і плунжера(11) .

Патрон працює слідуючим чином при початку обертання шпинделя верстата за рахунок виникаючих сил інерції грузи розвертають кулачки навколо їх вісів до моменту контакту робочої поверхні кулачка з закріплюємою поверхнею деталі. При цьому деталь закріплена в центрах

верстата . Зовнішня поверхня деталі має неточну геометричну форму , тому кулачки за центруючись по ній переміщують самоцентруючу планшайбу в положення при котрому забезпечується затиск обома кулачками.

Надійність роботи патрона повинна забезпечуватись умовами при яких момент від сил затиску привисує деякий процент момент від сил різання. При не виконанні цьої умови можливі поломки ріжучого і інструменту від довороту деталі, виникаючого якщо момент від сил різання привисуїть момент від сил закріплення .

Іншою умовою надійності роботи патрону повинно бути безумовне відкріплення кулачків під дією плунжера вороття. Та як патрон не центрує деталь , а сам по ній центрується то то розрахунки точності його виготовлення не потрібні.

### 3.1.2 Опис розрахункової схеми затиску деталі в поворотному патроні

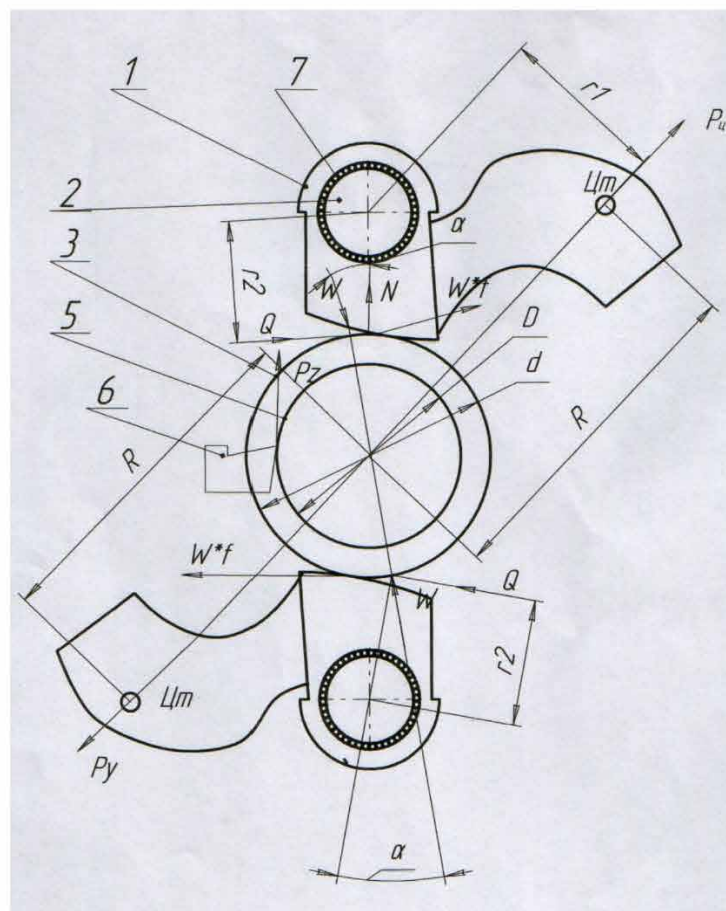


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема

1. Кулачок з радіально – ексцентричного затискання поверхні.
2. вісь обертання кулачка
3. поверхня затиску.
4. інерційний вантаж
5. оброблюєма поверхня.
6. різець.
7. ролики.

$P_y$ - центр обіжна сила.

$P_z$ -тангенціальна сила різання .

$r_1$ -плече сили  $P_y$  , відстань від вісі обертання кулачка до центру ваги вантажа

$Q$ - сила діючи на кулачок внаслідок сил інерції  $P_y$  .

$r_2$ -плече дії сили  $Q$ /

$N$  складова від сили  $W$  на нормаль до вісі .

$R$  – відстань від центру обертання патрону до центру центру вантажа.

$W$ - сила затиску деталі, виникаюча від взаємодії радіально-ексцентрикової поверхні кулачка і поверхні затиску .

$d$ -діаметр поверхні затиску

$D$  – діаметр оброблюваної поверхні.

$\alpha$ -кут підйому оброблюємої поверхні радіально – ексцентричної поверхні кулачка.

$f$ -кофіцієнт тертя між поверхнями кулачка і затискаємою поверхнею.

### 3.2 Вивід формули для визначення ваги інерційного вантажа

Головна умова рівноваги системи на мал.3.1.1 описується рівнянням:

$$M_{pz} \leq \frac{M_{(wf)}}{\varrho} \quad (1)$$

де :

$M_{(pz)}$ - крутний момент від сил різання.

$M_{(wf)}$ —крутний момент від сил затиску.

$\varrho$  –кофіцієнт корисної дії пари кулачок – вісь

згідно мал.. 3.1.1 використовуємо значення моменту  $M_{(pz)}$

$$M_{(pz)}=Pz \cdot 0.5D \quad (2)$$

Тоді момент від сил затиску визначається:

$$M_{(wf)}=W \cdot f \cdot 0.5d \quad (3)$$

Порівняв рівняня (2) і (3) з урахуванням рівняння(1) отримуем:

$$P_z \cdot 0.5D = \frac{W \cdot f \cdot 0.5d \cdot y}{\varrho} \quad (4)$$

визначаємо із рівняння (4) значення  $W$  :

$$W = \frac{p_z \cdot 0.5D \cdot r}{f \cdot 0.5dy} \quad (5)$$

З розкладу сил на мал. 3.11 бачимо співвідношення між силами  $W$  і  $Q$

$$W = \frac{Q}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (6)$$

Одночасно з тим рівняня яке виказує дію сили  $Q$  має вигляд :

$$Qr_2 = P_{\text{ц}}r_1 \quad (7)$$

Визначив з рівняня (7) силу  $Q$  отримуємо:

$$Q = \frac{P_z \cdot r_1}{r_2} \quad (8)$$

Центр обіжна сила  $P_y$  визначена рівняням приведеним в роботі (12)

$$P_y = 0.001GRn^2 \quad (9)$$

Де:

G-вага інерційного вантажа.

n- кількість обертів патрону .

Підставив значення  $P_y$  із формули (9) в формулу (8) отримуємо:

$$Q = \frac{0.001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2} \quad (10)$$

Підставляємо значення Q з рівняння (10) в рівняння (6) ,отримуємо :

$$W = \frac{0.001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (11)$$

Порівняємо рівняня (5) і(10), отримуємо:

$$\frac{P_z \cdot 0.5D}{f \cdot y \cdot d} = \frac{0.001G \cdot R \cdot n^2 \cdot r_1}{r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha} \quad (12)$$

Вирішемо дане рівняня відносно ваги інерційного вантажа G:

$$G = \frac{P_z r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D}{d \cdot f \cdot y \cdot 0.001R \cdot n_2 \cdot r_1} \quad (14)$$

З урахуванням того, що затиск деталі здійснюється одночасно двома кулачками, а також , з урахуванням коефіцієнту заносу  $K_3$  вираз (14) має вигляд:

$$G = \frac{P_z r_2 \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot D \cdot K_3}{2d \cdot f \cdot y \cdot 0.001R \cdot n_2 \cdot r_1} \quad (15)$$

Таблиця 3.1 – Вихідні данні для розрахунку патрону.

№	найменування	значення	Джерело
1	2	3	4
1	Тангенціальна сила різання $P_z$	342	Розділ 2.13
2	Кількість обертів патрону	820	Розділ 2.13
3	обробляемий діаметр	59	Креслення деталі
4	Закріплюемий діаметр	32	Креслення деталі
5	Кут підйому радіально- ексцентрикової поверхні	12	[12] стор. 139 рекомендації
6	Кофіцієнт тертя між поверхнями	17	[18], стор.138
7	кофіцієнт корисної дії пари кулачків	0,95	[15] стор227
8	Відстань від центру обертання патрону до центру ваги мм	55,0	Креслення патрону
9	Плече дії сили $P_y$	50	Креслення патрону
10	плече дії сили $Q$	35.0	Креслення патрону
11	Кофіцієнт затиску $K_3$	1,5	[12]стор141

Розрахунок ваги інерційного вантажу.

$$G = \frac{342 \cdot 0.035 \cdot 0.212 \cdot 0.059 \cdot 1.5}{2 \cdot 0.06 \cdot 0.7 \cdot 0.95 \cdot 0.001 \cdot 0.055 \cdot 820 \cdot 0.05} = 1.2$$

## 3.2 Розробка конструкції контрольного пристрою

### 3.2.1. Призначення пристосування.

Контрольне пристосування презначено для контролю похибки напрямку зубів шестерен.

Таблиця 3.2 – Технічна характеристика пристрою

Параметри пристосування	Значення параметра
Границі вимірювання мм.	0.....1
Похибка на всій границі вимірювання мм.	0,0054
Варіація мм.	0,0005
Вимірювальне навантаження	2
Габаритні розміри, мм	532x380x323

### 3.2.2 Зміст пристосування.

1. Контрольно вимірювальне пристосування 1 шт.
2. Індикатор 1МИГ ГОСТ 9696-75 1 шт
3. Контрольний еталон для налагоджування індикатора на нуль. В якості контрольного еталону допускається використання також якісної деталі, виміряну на мікроскопі.

### 3.2.3 Устрій та принцип роботи.

1. Контрольне пристосування складається з литої плити поз.1, на котрій встановлені дві бабки поз. 3 і 4 і плита поз. 40. На плиті поз. 40 кріпиться стійка поз 5 з копіром поз.6. На плиті поз.10, переміщуючої у шарикових направляючих ,закріплена стійка поз.17, у центрахкотної качається ричаг поз. 15 . на ричазі встановлена стійка поз.28 з індикатором та вимірювальний наконічник поз.37, котрий переміщується по копіру .

паралельність копіру вісі центрів в котрих встановлена контролюєма деталь, регулюється винтом поз.7.

2. Принцип заміру оснований на одночасному переміщені вимірювальних наконечників по боковій поверхні зуба і по копіру.

#### 3.2.4 Порядок роботи.

Перед початком роботи з пристосуванням ретельно протерти робочі поверхні пристосування, провести огляд та перевірити його на працездатність.

1. Індикатор поз.82 повинен бути жорстко закріплений у державці поз.24 гвинтом поз. 68.
2. Перед початком роботи встановіть робочу поверхню копіра паралельно вісі центрів завдяки винтів поз. 7. при цьому використовувати контрольний еталон поз. 2.(33-36).
3. Індикатор налаштовується на нуль.
4. Очищення від стружки та мастила деталь встановлюється до центрів. Згодом ричаг переміщують вздовж вісі центрів. При цьому один наконічник рухається по боковій поверхні зуба, а другий по копіру. Індикатор показує відхилення від паралельності.
5. Деталь враховується якісною при значенні індикатора до  $^{+} 0,01$  мм.

## Література

1. Методичні вказівки до дипломного проектування зі спеціальності 8.090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград: КДТУ, 2002.
2. Методические указания к выполнению дипломного проекта по кафедре «Технология машиностроения» – Кіровоград: КИСХМ, 1986.
3. Горбацевич А.Ф. , Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Мн.: Высшая школа, 1983.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1986.
5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога-машиностроителя. М.: Издательство стандартов, 1992.
6. Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. А.Н. Малова. М.: Машиностроение, 1972.
7. Руденко П.А. и др. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. К.: Высшая школа, 1991.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания. М.: Машиностроение, 1967.
9. Общемашиностроительные нормативы времени. М.: Машиностроение, 1974.
10. Кузнецов Ю.И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ. Справочник. М.: Машиностроение, 1990.
11. Вардашкин Б.Н. и др. Станочные приспособления. Т.1,2. М.: Машиностроение, 1984.
12. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1,2,3. М.: Машиностроение, 1979.
13. Локтева Е.С. Станки с программным управлением. М.: Машиностроение, 1979.

14. Проектування технологічних процесів механічної обробки деталей на верстатах з ЧПК. Методичні вказівки до виконання курсового проекту по спеціальності 8090202 “Технологія машинобудування” – Кіровоград, 2000.
15. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. “Высшая школа”, 1976.
16. Абрамов Ф.Н. и др. Справочник по обработке металлов резанием. Киев: “Техніка”, 1983.
17. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений. М.: Машиностроение, 1983.
18. Методические указания к изучению курса “Проектирование приспособлений” Кіровоград: КИСХМ, 1990.
19. Кузнєцов Ю.М. Верстати з ЧПК та верстатні комплекси. Київ – Тернопіль, 2001.
20. Методичні вказівки до практичних робіт по курсу “Проектування механоскладальних цехів та дільниць” для студентів спеціальностей 8.090202 /Укл. І.І. Павленко, А.І. Валявський, В.П. Короп. – Кіровоград: КДГУ, 2001.
21. Егоров М.Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. – М.: Высшая школа, 1969.
22. Методичні вказівки до виконання курсового та дипломного проекту для студентів спеціальності 8.090202 – Кіровоград, КДГУ, 2000 р.