

**Державний вищий навчальний заклад**

**«Сумський державний університет»**

*Технічних систем та енергоефективних технологій*

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

*Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів*

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## **Пояснювальна записка**

до кваліфікаційної (роботи)

*перший (бакалаврський)*

(освітній рівень)

на тему: *Проектування технологічного процесу*

*виготовлення колеса зубчастого МВ 28.16.009*

Виконав: студент *IV* курсу, групи *ТМ-61К*

напряму підготовки (спеціальності)

*131 – Прикладна механіка*

*(Технології машинобудування)*

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

*Попок О.Г.*

(прізвище та ініціали)

Керівник: *Приходько О.М.*

(прізвище та ініціали)

Рецензент: \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.О.Залога

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ  
ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛЕСА ЗУБЧАСТОГО МВ 28.16.009**

Бакалаврська кваліфікаційна робота

Напрямок підготовки 131 – Прикладна механіка

(Технології машинобудування)

Студент

Попок О.Г.

Керівник

Приходько О.М.

Нормоконтроль

Динник О.Д.

**Форма № Н-9.01**

**Державний вищий навчальний заклад  
«Сумський державний університет»**

Інститут, факультет	<i>Технічних систем та енергоефективних технологій</i>
Кафедра	<i>Технології машинобудування, верстатів та інструментів</i>
Освітній рівень	<i>перший (бакалаврський)</i>
Напрямок підготовки	<i>131 – Прикладна механіка (Технології машинобудування)</i>
Спеціальність	(шифр і назва)
	(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри технології  
машинобудування, верстатів та  
інструментів

\_\_\_\_\_ В.О.Залога  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2020р.

**ЗАВДАННЯ**

**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА**

*Попок Олег Геннадійович*

	(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи)	<i>Проектування технологічного процесу виготовлення колеса зубчастого МВ 28.15.009</i>
керівник проекту	<i>Приходько О.М.</i>
	(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від « 15 » січня 2020 року №07-III	
2. Строк подання студентом проекту (роботи)	<i>«11» червня 2020 року</i>
3. Вихідні дані до проекту(роботи)	<i>Креслення деталі «Колесо зубчастого МВ 28.15.009» Річний обсяг випуску деталей – 2000 шт.</i>
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)	
<i>4.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі</i>	
<i>4.2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>	
<i>4.3 Визначення типу виробництва та форми його організації</i>	
<i>4.4 Аналіз технологічності конструкції деталі</i>	
<i>4.5 Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>	
<i>4.6 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>	
<i>4.7 Проектування верстатного пристрою</i>	

5. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

6. Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі</i>		
2	<i>Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі</i>		
3	<i>Визначення типу виробництва та форми його організації</i>		
4	<i>Аналіз технологічності конструкції деталі</i>		
5	<i>Вибір способу отримання заготовки, розробка технічних вимог на заготовку</i>		
6	<i>Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі</i>		
7	<i>Проектування верстатного пристрою</i>		
8	<i>Оформлення графічної частини роботи</i>		

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Попок О.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Приходько О.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Записка: 53 с., 12 табл., 14 рис., 76 формул, 22 літературних джерела

Об'єкт дослідження – Колесо зубчасте МВ 28.15.009

Мета роботи – аналіз технологічного процесу виготовлення колеса зубчастого МВ 28.15.009.

В даній роботі проаналізовані: службове призначення виробу, вузла та деталі, технологічні вимоги, що пред'являються до деталі, обґрунтований тип виробництва та спосіб отримання заготовки.

В роботі під час аналізу існуючого технологічного процесу механічної обробки колеса зубчастого проаналізовані дві операції, а саме: горизонтально-протяжна та зубофрезерна. При цьому обґрунтуванні: вибір схеми базування і закріплення заготовки, обладнання та технологічного оснащення, розраховані режим різання і виконано нормування часу.

В графічній частині роботи представлено креслення деталі, заготовки, отриманої методом штампування та маршрутний технологічний процес виготовлення колеса зубчастого МВ 28.15.009.

КОЛЕСО ЗУБЧАСТЕ, ПЛАНЕТАРНА ПЕРЕДАЧА, КОНВЕЄР,  
ПРИПУСКИ, СХЕМА БАЗУВАННЯ, СВЕРДЛО, РЕЖИМ РІЗАННЯ,  
ЧЕРВ'ЯЧНА ФРЕЗА.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі.....	6
Опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації	
2 Аналіз технічних вимог на виготовлення деталі.....	10
3 Визначення типу та форми організації виробництва.....	12
4 Аналіз технологічності конструкції деталі.....	16
5 Вибір способу отримання заготовки та розробка технічних вимог до неї.....	18
6 Аналіз існуючого чи типового технологічного процесу виготовлення деталі.....	25
6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку.....	27
6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки.....	31
6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів.....	36
6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів.....	38
6.5 Розрахунки режимів різання.....	38
6.6 Технічне нормування операцій.....	44
7 Проектування верстатного пристрою для установаження і закріплення заготовки.....	47
Висновки.....	54
Перелік джерел посилання.....	55
Додаток А	
Додаток Б	
Додаток В	
Додаток Г	

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>	<i>Попок О.Г.</i>				<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушіє</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Приходько О.М.</i>				4	53	
<i>Н. Контр.</i>	<i>Динник О.Д.</i>				<i>КІ СумДУ, ТМ-61</i>		
<i>Затверд.</i>	<i>Залога В.О.</i>						
					<i>Проектування технологічного процесу виготовлення колеса зубчастого МВ 28.16.009</i>		

## ВСТУП

Вищою метою економічної ступені нашої країни було і залишається неухильне піднесення матеріального і культурного рівня життя народу. Реалізація цієї мети вимагає прискорення соціально-економічного розвитку, всілякої інтенсифікації та підвищення ефективності виробництва на базі науково-технічного прогресу.

Основними завданнями промисловості є забезпечення механізації, паливно-енергетичними ресурсами, машинами, обладнанням і іншими сучасними засобами виробництва. Основними напрямками промисловості є підвищення обсягу капітальних вкладень, спрямованих на розвиток машинобудівного комплексу, збільшення випуск продукції машинобудування і металообробки, широке впровадження верстатів з ЧПУ, гнучких переналагоджуваних виробництв і системи автоматизованого проектування, розвиток спеціалізованих виробництв інструменту, збільшення випуску продукції машинобудування, скорочення термінів розробки і освоєння нової техніки.

При дипломному проектуванні особлива увага приділяється самостійній роботі студента з метою розвитку ініціативи у вирішенні технічних і організаційних завдань, а також детального аналізу існуючих технологічних процесів. Основне завдання при цьому полягає в тому, щоб при роботі над дипломним проектом були винесені пропозиції щодо вдосконалення існуючої технології, оснащення виробництва. Для виконання цього завдання необхідно поліпшити і вивчити прогресивні напрямки розвитку технологічних методів і засобів на підставі аналізу і зіставлення якісних показників, дати свої пропозиції щодо застосування прогресивної техніки.

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

# 1 АНАЛІЗ СЛУЖБОВОГО ПРИЗНАЧЕННЯ МАШИНИ, ВУЗЛА, ДЕТАЛІ. ОПИС КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ДЕТАЛІ ТА УМОВ ЇЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Деталь «Колесо зубчасте МВ 28.16.009» (рис 1.3) являє собою тіло обертання і відноситься до класу «зубчасті колеса».

Задана деталь використовується у планетарній передачі планетарного редуктора, як планетарна шестерня, розташована на валу, що обертається навколо центральної шестерні і передає обертання від електродвигуна до редуктора, який є приводним механізмом до ланцюгового конвеєру КС20 (рис. 1.1), призначеного для переміщення кормів на тваринницьких комплексах.

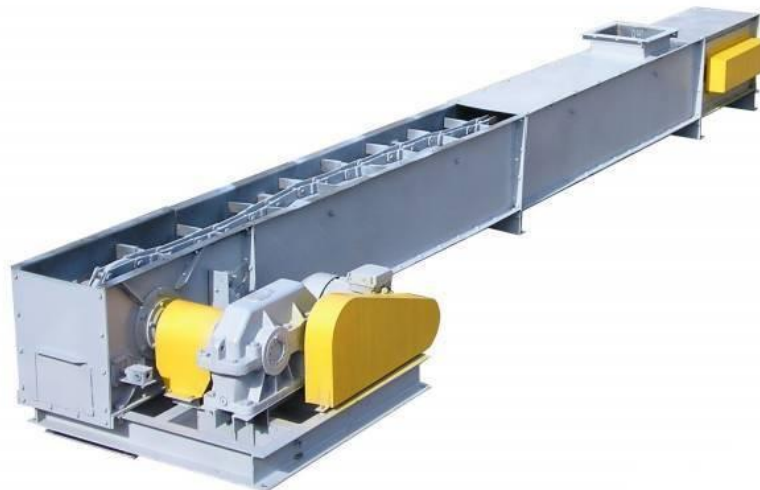


Рисунок 1.1 – Конвеєр ланцюговий КС20

Основні характеристики конвеєру КС20:

- довжина: 3-50 м;
- виробнича потужність: 50 т/год;
- потужність двигуна: 1,2-3,5 кВт;
- швидкість переміщення ланцюга: 0,5 м/с

Задана деталь входить до складу планетарного редуктора (рис. 1.2) і служить для передачі крутного моменту.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		6



Характерні особливості планетарних редукторів виробництва компанії «КС»:

- допустиме радіальне консольне навантаження на тихохідному валу - від 3000 до 30000 Н;
- номінальний крутний момент на тихохідному валу - від 320 до 17500 Н м;
- частота обертання вхідного вала - від 600 до 1500 об / хв;
- коефіцієнт корисної дії (ККД) - від 91% до 94%;

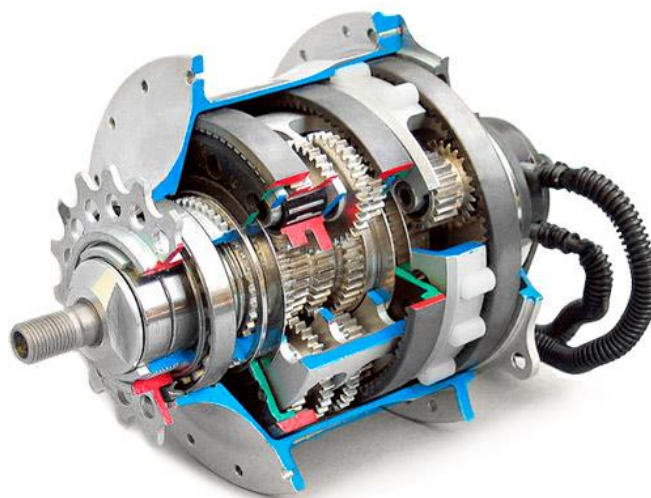


Рисунок 1.2 – Планетарний редуктор компанії «КС», модель MRG-14

Зубчасте колесо є складовою частиною редуктора та має такі поверхні (рси. 1.3): 1 – основна поверхня, за допомогою якої визначається положення даної деталі у виробі (3); 2 – допоміжна поверхня, визначає положення деталей, що приєднуються відносно даної (2, 8, 9, 6); 3 – виконавча поверхня, яка виконує службове призначення даного виробу (1); 4 – вільні поверхні, не торкаються поверхонь інших деталей, та призначені для з'єднання основних, допоміжних та виконавчих поверхонь між собою (4, 5, 7, 10).

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

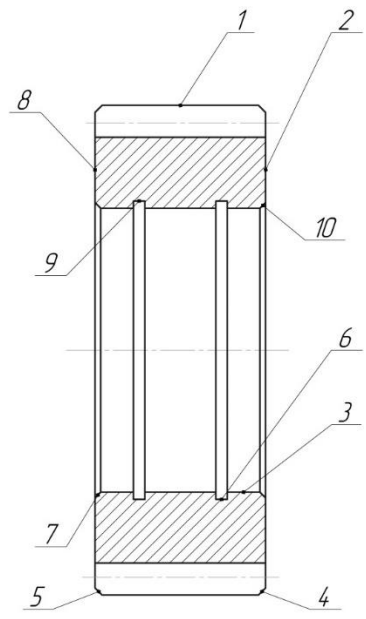


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Зубчасте колесо»

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

## 2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ НА ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

За [1], аналізуючи робоче креслення деталі «Колесо зубчасте» необхідно відмітити, що креслення деталі має достатню кількість видів та перерізів, що дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Їх розташування відповідає вимогам ГОСТ 2.305-2008 «Зображення – види, розміри, перерізи».

Розміри, граничні відхилення, шорсткість та допуски форми та розташування всіх поверхонь проставлені згідно вимог ГОСТ 2.307-2011 «Нанесення розмірів і граничних відхилень», ГОСТ 2.309-73 «Позначення шорсткості поверхонь», ГОСТ 2.308-2011 «Позначення допусків форми та розташування поверхонь», що дає змогу виготовити задану деталь потрібної точності відповідно до її службового призначення.

Надані технічні вимоги на виготовлення деталі, їх нанесення відповідає ГОСТ 2.316-2008 «Правила нанесення написів, технічних вимог і таблиць на графічних документа». Дотриманий порядок заповнення основного напису згідно вимог ГОСТ 2.104-2006 «Основні написи» [6].

Креслення виконане за допомогою графічного редактора і відповідає вимогам ГОСТ 2.052-2006 «Електронна модель виробу. Основні вимоги». Отже, креслення виконане згідно вимог ЄСКД за ГОСТ 2.109-73 «Основні вимоги до креслень».

Деталь «Колесо зубчасте» відноситься до класу «зубчастих коліс», і призначена для передачі крутного, шляхом зубчастого зачеплення з іншими сателітами редуктора.

Матеріал деталі сталь 40Х ГОСТ4543-71 – легована конструкційна сталь, що застосовується для деталей середніх розмірів з твердою зносостійкою поверхнею при досить міцній і в'язкій серцевині, що працює при великих швидкостях і середніх тисках, найбільш поширена в будівництві редукторів.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 40Х ГОСТ4543-71 наведені в таблицях 2.1 – 2.2.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 2.1 – Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ4543-71

Кремній (Si)	Марганець (Mn)	Мідь (Cu)	Нікель (Ni)	Фосфор (P)	Хром (Cr)	Сірка (S)	Вуглець (C)
0,17- 0,37	0,50-0,80	0,30	0,30	0,035	0,80- 1,1	0,035	0,34-0,44

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40Х ГОСТ4543-71

Перетин, мм	$\delta_{0,2}$ , МПа	$\delta_{в}$ , МПа	$\delta_{5, \%}$	$\delta$ , %	КСУ, Дж/м <sup>2</sup>	НВ
Гарт 840-860°C, вода, мастило. Відпуск 580-650°C, вода, повітря.						
301-500	345	590	14	38	49	174-217

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

### 3 ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ВИРОБНИЦТВА ТА ОРГАНІЗАЦІЙНИХ УМОВ РОБОТИ

Тип виробництва по ГОСТ 3.1108-74 характеризується коефіцієнтом закріплення операцій  $K_{30}$ , який показує відношення всіх різних технологічних операцій виконуючих або підлягаючих виконанню підрозділом протягом місяця до числа робочих місць [1], с.19:

$$K_{30} = \frac{\sum_{i=1}^n O_i}{\sum_{i=1}^n P_i} \quad (3.1)$$

де  $\Sigma O$  – сумарна кількість операцій;

$\Sigma P$  – сумарна кількість робочих місць.

Для зручності розрахунків складаємо таблицю 3.1

Таблиця 3.1 – Обґрунтування типу виробництва

№ операції	Операція	$T_{шт}$	$m_p$	$P$	$n_{эф}$	$O$
005	Токарна	1,75	0,18	1	0,18	7
010	Горизонтально-протяжна	0,64	0,007	1	0,007	13
015	Зубофрезерна	0,73	0,073	1	0,073	12
020	Прошивна	0,64	0,07	1	0,07	11
025	Зубошевінгувальна	0,75	0,075	1	0,075	10
030	Внутріньошліфувальна	0,6	0,06	1	0,06	12
	Разом	-	-	6	-	65

Маючи штучний час по кожній операції визначаємо кількість верстатів [1], с.20:

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

$$m_p = \frac{N \cdot T_{шт}}{60 \cdot F_d \cdot n_3}, \text{ шт} \quad (3.2)$$

де  $N$  – річна програма випуску, шт;  $N = 2000$  шт;

$T_{шт}$  – норма штучного часу, хв.;

$F_d$  – дієний річний фонд часу роботи обладнання, год; при 2-х змінному режимі роботи підприємства  $F_d = 3900$  год.;

$n_3$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$$m_{p005} = \frac{2000 \cdot 1,75}{60 \cdot 3900 \cdot 0,8} = 0,18 \text{ шт}$$

Приймаємо  $P = 2$  верстати. Визначаємо фактичний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$n_{зф} = \frac{m_p}{P} \quad (3.3)$$

$$n_{зф} = \frac{0,18}{1} = 0,76$$

Кількість операцій, які виконуються на робочому місці визначаємо по формулі:

$$O = \frac{n_3}{n_{зф}} \quad (3.4)$$

$$O = \frac{0,80}{0,18} = 6,3 \approx 7 \text{ шт}$$

Аналогічні розрахунки виконуємо для решти операцій, результати заносимо до таблиці 3.1

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

$$\sum O_i = 7 + 13 + 12 + 11 + 10 + 12 = 65$$

$$\sum P_i = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6$$

Тоді

$$K_{зо} = \frac{65}{6} = 10,8$$

Тип виробництва середньосерійний, так як  $10 < K_{зо} = 10,8 < 20$ .

Визначаємо добовий випуск деталей за формулою:

$$N_{доб} = \frac{N_{річ}}{D_p}, \text{ шт} \quad (3.5)$$

де  $D_p$  – кількість робочих днів у році, дні;  $D_p=253$  дня.

$$N_{доб} = \frac{2000}{253} = 8 \text{ шт}$$

Визначаємо добовий фонд часу роботи обладнання за формулою:

$$F_{доб} = \frac{60 \cdot F_d}{D_p}, \text{ хв} \quad (3.6)$$

$$F_{доб} = \frac{60 \cdot 2000}{253} = 475 \text{ хв}$$

Визначаємо середню трудомісткість механічних операцій за формулою:

$$T_{ср} = \frac{\sum T_{ш-к}}{n}, \text{ хв} \quad (3.7)$$

де  $n$  – число механічних операцій,  $n=6$ ;

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

$$T_{\text{cp}} = \frac{5,11}{6} = 0,85 \text{ хв}$$

Добова потужність потокової лінії при її завантаженні на 60% розраховується за формулою:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{F_{\text{доб}}}{T_{\text{cp}}} \cdot 0,6, \text{ шт} \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{475}{0,85} \cdot 0,6 = 335 \text{ шт}$$

При порівнянні добового випуску деталей  $N_{\text{доб}}=8$  і добової потужності потокової лінії  $Q_{\text{доб}}=335$  шт. бачимо, що добовий випуск деталей менше добової потужності потокової лінії при її завантаженні на 2%, тобто використання однономенклатурної потокової лінії в серійному виробництві не раціонально, тому приймаємо групову форму організації праці [3].

Серійне виробництво – тип виробництва, що характеризується одночасним виготовленням на виробництві обмеженої номенклатури однорідної продукції, випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду [5].

Для серійного виробництва властивим є:

- виготовлення виробів серіями, які періодично повторюються;
- номенклатура виготовлених виробів - обмежена;
- застосування універсального і спеціального устаткування, пристроїв, обробного і мірального інструменту;
- групування робочих місць за технологічним і предметним принципами;
- закріплення за робочими місцями обмеженої кількості деталеоперацій;
- середня кваліфікація працівників;
- детальна розробка технологічних процесів [5].

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14



#### 4 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОСТІ КОНСТРУКЦІЇ ДЕТАЛІ

Деталь «Колесо зубчасте» відноситься до класу «зубчастих коліс», «диски» [5] і призначена для передачі крутного моменту. [21].

Матеріал деталі, легвана сталь 40Х ГОСТ4543-71 дозволяє при обробці застосовувати високопродуктивні інструментальні матеріали – тверді сплави.

Аналізуючи матеріал, конфігурації деталі, масу та тип виробництва, можна сказати, що особливих труднощів з отриманням заготовки не виникне. Запропоноване в базовому технологічному процесі штампування, як спосіб отримання заготовки, є раціональним. Тому, за способом отримання заготовки деталь є технологічною.

Всі оброблювані поверхні, з точки зору точності та чистоти, не представляють технологічних труднощів. Конструкція колеса зубчастого забезпечує можливість обробки всіх необхідних елементів деталі. Шорсткість поверхонь деталі відповідає квалітетам точності розмірів цих поверхонь та не вимагає застосування дорогих, важких та трудомістких фінішних операцій. Допуски призначені тільки на поверхні сполучення. Постановка розмірів забезпечує зручність вимірювань.

Деталь є достатньо жорсткою в осьовому та радіальному напрямках. Колесо зубчасте має гарні базові поверхні: центральний отвір, торці та зовнішню циліндричну поверхню. Тобто конфігурація деталі має зручні і надійні поверхні для установки заготовки в процесі її обробки у стандартні широко розповсюджені пристосування, дозволяє застосовувати сучасні та продуктивні методи механічної обробки, а також контрольно-вимірювальних інструменти та пристосування. Конструктивні елементи деталі уніфіковані по кожному з видів, що дозволяє скоротити номенклатуру оснащення.

Деталь має досить складну геометричну форму і складається з таких конструктивних елементів:

- зовнішня циліндрична поверхня:  $\varnothing 172,5_{-0,25}$  мм;

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

- торці: 60 мм;
- фаски: дві  $2 \times 45^\circ$ , дві  $2,5 \times 45^\circ$ ;
- центральний отвір:  $\varnothing 100G6$  мм;
- внутрішній канавки шириною  $4^{+0,075}$  мм і глибиною 2,5 мм;

Таким чином, у результаті проведеного аналізу можна зробити висновок, що в цілому деталь технологічна, як при виготовленні заготовки, так і при наступної механічній обробці і складанні.

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

## 5 ВИБІР СПОСОБУ ОТРИМАННЯ ЗАГОТОВКИ ТА РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ ДО НЕЇ

Враховуючи геометричні параметри шестерні, умови виробництва та матеріал, можна використати наступні основні методи отримання заготовок: заготівка з прокату; поковка, виконана вільним куванням на кувальному молоті; штампована заготівка в підкладних штампах, отримана на пресах; штампована заготівка в закріплених штампах, отримана на пресах і горизонтально-кувальних машинах.

Форма заготовок, отриманих вільним куванням на молотах, не відповідає формі готової деталі, але структура металу завдяки куванню покращується в порівнянні із структурою металу заготовки, відрізаною пилою від прутка.

Штампкування заготовок в підкладних штампах виробляється на кувальних молотах, а також на фрикційних і гідравлічних пресах або на механічних кувальних пресах в дрібносерійному виробництві при температурі 950... 1100 °С. Заготовку деформують з торця.

Штампкування заготовок в закріплених штампах на штампувальних молотах і кувальних пресах здійснюється як у відкритих, так і в закритих штампах у багатосерійному і масовому виробництві.

Штампкування на механічних кувальних пресах має велику перевагу перед штампкуванням на молотах, оскільки виходить точна штампована заготовка, припуски в якій менше на 30 %, ніж в заготовки, отриманої на молоті; і по конфігурації заготовка після кування преса ближче до готової деталі. Продуктивність штампкування на пресах вища, ніж на молотах в 1,5— 2 рази, робота відбувається без ударів; на пресах можна штампувати і прошивати отвори.

Прокат дозволяє з найменшими питомими затратами виробляти вироби, які або повністю відповідають передбаченому конструктором повздовжньому перетину деталі, або максимально наближається до нього.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

З урахуванням проведеного вище аналізу різних типів заготовок для плоского зубчатого колеса, форми деталі, її маси та типу виробництва найраціональнішими методами отримання заготовки є штампування на ГKM .

За ГОСТ 7505-89 головними ознаками класифікації штампованих поковок є: точність виготовлення; група сталі; конфігурація поверхні роз'єму штамп; ступінь складності. Клас точності даної заготовки – Т4; група сталі – М2. Ступінь складності поковки – С1. Поковка виготовляється за 2 переходи. За конфігурацією поверхні роз'єму штамп – з плоскою симетрично зігнутою поверхнею роз'єма . За отриманим вище даним про заготовку, визначаємо вихідний індекс – 10, який потрібен для подальшого визначення припусків та допусків поковки [3].

Назначаємо штампувальні ухили, які залежать від форми та розмірів порожнини штамп в плані, її глибини, матеріалу поковки, метода штамповки і т.д. Приймаємо: внутрішні уклони –  $2^0$ ; зовнішні –  $1^0$ . Для зменшення концентрації напружень в кутах струмів штамп, покращення заповнення порожнини штамп та зменшення зносу гострих кутів та кромки штампів назначаємо радіуси заокруглення 3 мм [3].

Розраховуємо припуски заготовки. Дані заносимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунок припусків заготовки

Розмір деталі	Клас точності	Шорсткість	Припуск [3], с.148, табл.12	Допуск [3], с.32, табл.3.5	Розмір заготовки
Ø 100	6	2,5	2×1,6	+0,5 -1,1	Ø96,8 <sup>+0,5</sup> <sub>-1,1</sub>
Ø 172,5	11	2,5	2×1,8	+1,4 -0,8	Ø176,1 <sup>+1,4</sup> <sub>-0,8</sub>
60	11	3,2	2×3,2	+1,1 -0,5	66,4 <sup>+1,1</sup> <sub>-0,5</sub>

Виконуємо ескіз заготовки (рис.5.1).

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

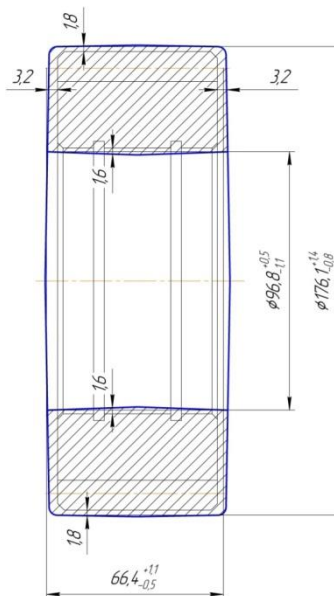


Рисунок 5.1– Ескіз штамповки

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}}, \quad (5.1)$$

де  $M_{\text{д}}$  – маса деталі, кг;

$M_{\text{з}}$  – маса заготовки, кг;

Визначаємо масу заготовки за формулою:

$$M_{\text{з}} = V_{\text{заг}} \cdot \gamma, \text{ кг} \quad (5.2)$$

де  $V_{\text{заг}}$  – загальний об'єм, який визначимо як об'єм тору;

$\gamma$  – густина сталі;  $\gamma = 7,8 \times 10^{-6} \text{ кг} \times \text{мм}^3$ ;

$$V_{\text{заг}} = \frac{\pi l}{4} (D^2 - d^2), \text{ мм}^3 \quad (5.3)$$

$$V_{\text{заг}} = \frac{3,14 \cdot 66,4}{4} (176,1^2 - 96,8^2) = 1128014 \text{ мм}^3$$

$$M_{\text{з}} = 1128014 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 8,80 \text{ кг}$$

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

Тоді коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{5,7}{8,80} = 0,65$$

Визначаємо собівартість заготовки-поковки за формулою [1], с.31:

$$S_{\text{заг}} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_{\Pi} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн} \quad (5.4)$$

де  $C_i$  – базова вартість 1 тони заготовки,  $C_i = 56000$  грн; [1], с.33;

$S_{\text{відх}}$  – вартість 1 тони відходів,  $S_{\text{відх}} = 5600$  грн; [1], с.32,табл. 2.7;

$K_T$  – коефіцієнт, що залежить від точності;  $K_T = 1,0$ ; [1], с.33;

$K_C$  – коефіцієнт, що залежить від групи складності  $K_C = 0,87$ ; [1], с.33,табл.2.8;

$K_B$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу  $K_B = 0,73$ ; [1], с.31,табл.2.8;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки,  $K_M = 1,13$ ; [1], с.33;

$K_{\Pi}$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва заготовки,  $K_{\Pi} = 1,0$ ; [1], с.33,табл. 2.8;

$$S_{\text{заг}} = (56 \cdot 8,80 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 0,73 \cdot 1,13 \cdot 1,0) - (8,8 - 5,7) \cdot 5,6 = 336,3 \text{ грн}$$

Розглянемо другий метод отримання заготовки – з круглого гарячекатаного прокату.

За ГОСТ 2590-89 вибираємо стандартний діаметр для заготовки зі сталюого гарячекатаного круглого прокату. Розраховуємо припуски заготовки для заданої деталі. Дані заносимо в таблицю 5.2.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Таблиця 5.2 – Розрахунок припусків заготовки з круглого прокату

Розмір деталі	Клас точності	Шорсткість	Припуск	Допуск	Розмір заготовки
∅ 172,5	14	6,3	2×3,75	+0,9 -2,5	∅180 <sup>+0,9</sup> <sub>-2,5</sub>
60	14	6,3	2×2,5	±0,5	65±0,5

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу та масу заготовки за формулами (5.1) та (5.2) відповідно.

Загальний об'єм заготовки визначаємо за формулою:

$$V_{\text{зар}} = \pi r^2 l, \text{ мм}^3 \quad (5.5)$$

$$V_{\text{зар}} = 3,14 \cdot 90^2 \cdot 65 = 1653210 \text{ мм}^3$$

$$M_3 = 1653210 \cdot 7,8 \cdot 10^{-6} = 12,9 \text{ кг}$$

Виконуємо ескіз заготовки, одержаної з круглого прокату (рис. 5.3).

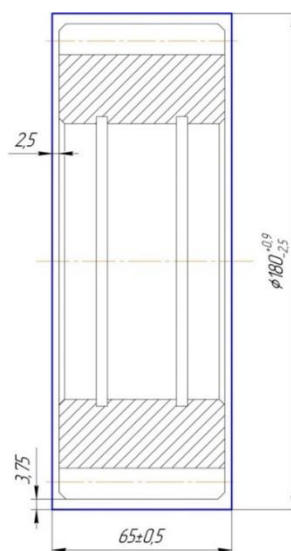


Рисунок 5.2– Ескіз заготовки з круглого прокату

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

Тоді коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{вм}} = \frac{5,7}{12,9} = 0,44$$

Визначаємо собівартість заготовки-поковки за формулою [1], с.30:

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \text{ грн} \quad (5.6)$$

$$M = 12,9 \cdot 35,2 - (12,9 - 5,7) \cdot 3,52 = 415 \text{ грн}$$

Визначаємо річний економічний ефект:

$$E_{\text{еф}} = (S_{\text{заг2}} - S_{\text{заг1}}) \cdot N, \text{ грн} \quad (5.7)$$

де  $S_{\text{заг1}}$ ,  $S_{\text{заг2}}$  – вартість порівнювальних заготовок, грн.;

$$E_{\text{еф}} = (415 - 336,3) \cdot 2000 = 157400 \text{ грн}$$

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22



## 6 АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО ЧИ ТИПОВОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Розглянемо базовий технологічний процес виготовлення деталі «Колесо зубчасте», складений відповідно з виконанням технічних вимог для одержання даної деталі.

Маршрут обробки відповідає типовому технологічному процесу обробки деталей відповідного класу[17].

Таблиця 6.1 – Базовий технологічний процес

№	Найменування операції	Вид обробки	Поверхня базування	Обладнання
000	Заготівельна	Штампувати на пресі	-	Прес К8544
005	Токарна з ЧПК	Точити згідно керуючої програми	Патрон 3-х кулачковий пневматичний ГОСТ 24354-80;	Токарний верстат з ЧПК моделі 16K20T1
010	Токарно-багаторізева	Точити торець, зовнішню циліндричну поверхню, фаски	Оправка циліндрична ГОСТ 16212-70	Токарний багатопшпindelний автомат моделі 1Н713
015	Горизонтально-протяжна	Протягнути отвір	Пристосування спеціальне	Горизонтально-протяжний верстат 7Б57
020	Зубофрезерна	Фрезерувати зуби	Пристосування спеціальне	Вертикально-зубофрезерний верстат 5А312
025	Термічна обробка	Закалка зубів		Піч
030	Калібрувальна	Калібрувати отвір	Пристосування спеціальне	Горизонтально-протяжний верстат 7Б57
035	Зубошевінгувальна	Шевінгувати зуби	Оправка ГОСТ 31.1066.02-85	Зубошевінгувальний верстат 5702В
040	Внутрішньо-шліфувальна	Шліфувати отвір	Патрон мембранний ГОСТ 16157-70	Внутрішшліфувальний верстат 3А227
045	Мийна	Промити деталь	-	Мийна машина ОСМ – 1
050	Технічний контроль	Контролювати розміри	-	Стіл ВТК

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

## 6.1 Розрахунок припусків на механічну обробку

На основі розробленого технологічного процесу для найточнішої поверхні, якою є отвір  $\varnothing 100G6$  визначаємо міжопераційні розміри аналітичним методом. Розрахунки заносимо до таблиці 2.6.

Технологічна послідовність розробки поверхні проходить в 3 етапи: чорнове точіння, чистове точіння та шліфування.

Таблиця 6.2 – Розрахунок припусків граничних розмірів з допусками за технологічними переходами на обробку зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 100G6 (+^{34}_{+12})$

Методи обробки поверхні $\varnothing 100G6 (+^{34}_{+12})$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$ , мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск на виготовлення, мкм	Розміри по переходам		Граничні припуски	
	$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon$				$d_{\min}$ , мм	$d_{\max}$ , мм	$2z_{\min}^{np}$ мкм	$2z_{\max}^{np}$ мкм
Заготівка	150	250	1030	-	-	97,943	1600	96,34	97,94	-	-
Розточування	50	50	51,5	500	1545	99,488	220	99,27	99,49	1550	2930
Протягування	4	6	-	-	200	99,688	87	99,601	99,688	198	331
Шліфування попереднє	10	20	30,9	50	178	99,866	35	99,831	99,866	178	230
Шліфування остаточне	5	15	20,6	50	168	100,03 4	22	100,012	100,034	168	181
$\Sigma$										2094	3672

Для вказаних технологічних переходів визначаємо елементи припуску  $R_z, T, \rho, \varepsilon$  [1], табл.4.3,4.5, 4,6 с.63-65.

											Арк.
											24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат							

ТМ 18090050-00 ПЗ

Сумарне відхилення розташування штамповки визначаємо за формулою:

$$\rho = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{екс}^2}, \text{ мкм} \quad (6.1)$$

де  $\rho_{зм}$  – величина зміщення заготовки, мкм;  $\rho_{зм} = 900$  мкм за ГОСТ 7505-74.

$\rho_{екс}$  – величина неспіввісності (ексцентричності), мкм;  $\rho_{екс} = 500$  мкм за ГОСТ 7505-74.

$$\rho = \sqrt{900^2 + 500^2} = 1030 \text{ мкм.}$$

Для решти операцій величину просторових відхилень визначаємо за формулою:

$$\rho_{зал} = k_y \cdot \rho_{заг}, \text{ мкм} \quad (6.2)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми, залежить від виду обробки [1], с.73. Для розточування  $k_y = 0,05$ ; для попереднього шліфування  $k_y = 0,03$ ; для остаточного шліфування  $k_y = 0,02$ .

Розраховуємо  $\rho$  для кожного переходу:

$$\rho_{розт} = 0,05 \cdot 1030 = 51,5 \text{ мкм}$$

$$\rho_{шлп} = 0,03 \cdot 1030 = 30,9 \text{ мкм}$$

$$\rho_{шло} = 0,02 \cdot 1030 = 20,6 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибки під час установки і закріплення заготовки в процесі механічної обробки за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \text{ мкм} \quad (6.3)$$

де  $\varepsilon_6$  – похибка базування, мкм;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення заготовки, мкм;

При зміщенні технологічної і виміральної баз похибка базування  $\varepsilon_6 = 0$ .

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаємо похибку установки для закріплення деталі в пневматичному патроні: для розточування  $\varepsilon_3=500$  мкм; для шліфування  $\varepsilon_3=50$  мкм.

$$\varepsilon_{y \text{ роз}} = \sqrt{0 + 500^2} = 500 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{y \text{ шл}} = \sqrt{0 + 50^2} = 50 \text{ мкм}$$

Величину розрахункового мінімального припуску на операцію (перехід) визначаємо за наступною формулами:

для розточування та шліфування:

$$2z_{\min} = 2 \left( R_{zi-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2} \right), \text{ мкм} \quad (6.4)$$

для протягування:

$$2z_{\min} = 2(R_{zi-1} + T_{i-1}), \text{ мкм} \quad (6.5)$$

де  $R_{zi-1}$  - висота мікронерівностей, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

$T_{i-1}$  - глибина дефектного шару, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

$\rho_{i-1}$  - сумарне значення просторових відхилень, які залишаються після попередньої операції або переходу, мкм;

$\varepsilon_{yi}$  - похибка установки заготовки в пристосуванні на даній операції, мкм.

Розраховуємо мінімальний припуск по кожному технологічному переходу:

$$2z_{\min \text{ розт}} = 2 \cdot \left( 150 + 250 + \sqrt{1030^2 + 500^2} \right) = 1545 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min \text{ прот}} = 2 \cdot (50 + 50) = 200 \text{ мкм}$$

$$2z_{\min \text{ шл п}} = 2 \cdot \left( 10 + 20 + \sqrt{30,9^2 + 50^2} \right) = 178 \text{ мкм}$$

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		26

$$2z_{\min_{\text{шл о}}} = 2 \cdot \left( 5 + 15 + \sqrt{20,6^2 + 50^2} \right) = 168 \text{ мкм}$$

Розрахунок значення розрахункового розміру  $d_p$  починаємо з розміру після шліфування, який є максимальним розміром деталі.

$$d_{\max} = D + ES, \text{ мм} \quad (6.6)$$

де  $D$  – номінальний діаметр, мм;

$ES$  – верхнє відхилення, мм;  $ES = +34$  мкм.

$$d_{\max} = 100 + 0,034 = 100,034 \text{ мм}$$

Визначаємо діаметри інших переходів:

$$d_{p_{i+1}} = d_i - 2z_i, \text{ мм} \quad (6.7)$$

$$d_{p_{\text{шл п}}} = 100,034 - 0,168 = 99,866 \text{ мм}$$

$$d_{p_{\text{прот}}} = 99,866 - 0,178 = 99,688 \text{ мм}$$

$$d_{p_{\text{розт}}} = 99,688 - 0,200 = 99,488 \text{ мм}$$

$$d_{p_{\text{заг}}} = 99,488 - 1,545 = 97,943 \text{ мм}$$

Допуск на міжопераційні розміри для кожного механічного переходу і заготовки визначаємо за ГОСТ 7555-89:  $\delta_{\text{заг}} = 1600$  мкм,  $\delta_{\text{розт}} = 220$  мкм,  $\delta_{\text{прот}} = 87$  мкм,  $\delta_{\text{шліф п}} = 35$  мкм,  $\delta_{\text{шліф о}} = 22$  мкм.

Максимальний граничний розмір  $d_{\max}$  знаходимо шляхом округлення значення розрахункового розміру  $d_p$  до того знаку десяткового дробу, з яким заданий допуск на розмір для кожного технологічного переходу.

Мінімальний розрахунковий розмір знаходимо за формулою:

$$d_{\min} = d_{\max} - \delta, \text{ мм} \quad (6.8)$$

$$d_{\min_{\text{шл п}}} = 100,034 - 0,022 = 100,012 \text{ мм}$$

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

$$d_{min \text{ шл п}} = 99,866 - 0,035 = 99,831 \text{ мм}$$

$$d_{min \text{ прот}} = 99,688 - 0,087 = 99,601 \text{ мм}$$

$$d_{min \text{ розт}} = 99,49 - 0,22 = 99,27 \text{ мм}$$

$$d_{min \text{ зар}} = 97,94 - 1,6 = 96,34 \text{ мм}$$

Граничне значення припусків визначаємо як різницю граничних розмірів попереднього і наступного переходів, враховуючи відповідно максимальні і мінімальні розміри.

$$2z_{max}^{пр} = d_{min} - d_{min i-1}, \text{ мм} \quad (6.10)$$

$$2z_{max \text{ шл о}}^{пр} = 100,012 - 99,831 = 0,181 \text{ мм} = 181 \text{ мкм}$$

$$2z_{max \text{ шл пр}}^{пр} = 99,831 - 99,601 = 0,230 \text{ мм} = 230 \text{ мкм}$$

$$2z_{max \text{ прот}}^{пр} = 99,601 - 99,27 = 0,331 \text{ мм} = 331 \text{ мкм}$$

$$z_{max \text{ розт}}^{пр} = 99,27 - 96,34 = 2,93 \text{ мм} = 2930 \text{ мкм}$$

$$2z_{min}^{пр} = d_{max} - d_{max i-1}, \text{ мм} \quad (6.11)$$

$$2z_{min \text{ шл о}}^{пр} = 100,034 - 99,866 = 0,168 \text{ мм} = 168 \text{ мкм}$$

$$2z_{min \text{ шл п}}^{пр} = 99,866 - 99,688 = 0,178 \text{ мм} = 178 \text{ мкм}$$

$$2z_{min \text{ прот}}^{пр} = 99,688 - 99,49 = 0,198 \text{ мм} = 198 \text{ мкм}$$

$$2z_{min \text{ розт}}^{пр} = 99,49 - 97,94 = 1,55 \text{ мм} = 1550 \text{ мкм}$$

Визначаємо загальні припуски на обробку:

$$2z_{max} = 2930 + 331 + 230 + 181 = 3672 \text{ мкм}$$

$$2z_{min} = 1550 + 198 + 178 + 168 = 2094 \text{ мкм}$$

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		28

Виконуємо перевірку правильності виконання розрахунків:

$$2z_{\max\text{заг}} - 2z_{\min} = \delta_3 - \delta_d, \text{ мкм} \quad (6.12)$$

$$3672 - 2094 = 1600 - 22$$

$$1578 = 1578$$

Отже, розрахунки проведені правильно.

Визначаємо загальний номінальний припуск :

$$2z_{\text{НОМ}} = 2z_{\min} + BD_3 - BD_d, \text{ мкм} \quad (6.13)$$

де  $BD_3$  – верхнє відхилення заготовки, мкм;

$BD_d$  – верхнє відхилення деталі, мкм;

$$2z_{\text{НОМ}} = 2094 + 800 - 34 = 2860 \text{ мкм}$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки:

$$D_{\text{НОМ } 3} = D_{\text{НОМ } d} - 2z_{\text{НОМ}}, \text{ мм} \quad (6.14)$$

$$D_{\text{НОМ } 3} = 100 - 2,860 = 97,14 \text{ мм}$$

Приймаємо  $D_{\text{НОМ } 3} = 97,14 \text{ мм}$ .

Будуємо схему розташування полів допусків і припусків на обробку поверхні (рис.6.1).

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

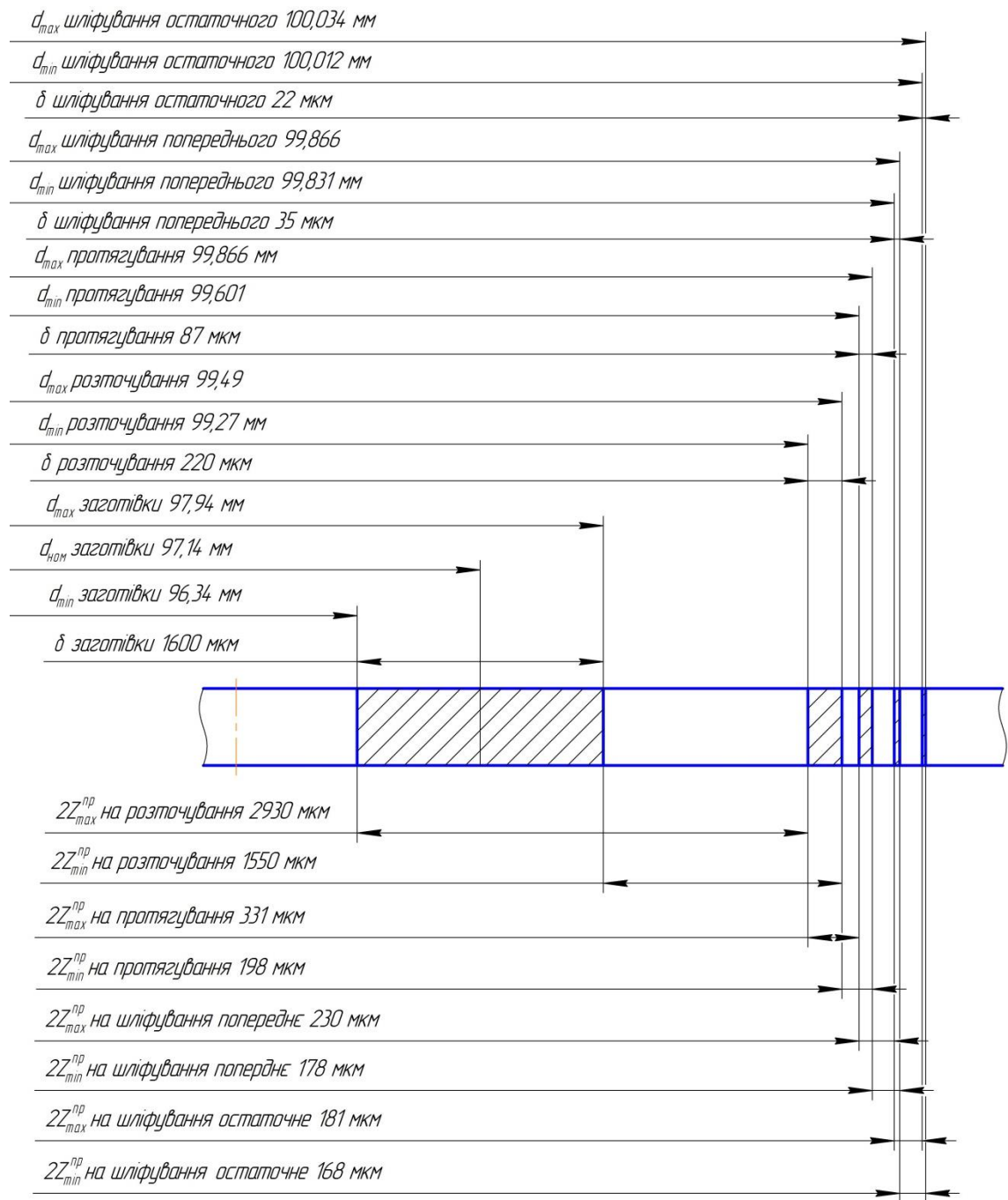


Рисунок 6.1 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку отвору  $\varnothing 100G6 (+34/+12)$

											Арк.
											30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат							

ТМ 18090050-00 ПЗ



## 6.2 Аналіз та обґрунтування схем базування і закріплення заготовки

Вибір схем базування і закріплення заготовки істотно впливає не тільки на точність і якість оброблюваних поверхонь, але і на обґрунтування вибору верстатного устаткування, засобів технічного оснащення. Обрана схема базування повинна забезпечувати можливість простого і зручного закріплення заготовки [5].

Операція 010 Горизонтально-протяжна. На даній операції відбувається протягування отвору. .

Зовнішня поверхня заготовки буде подвійно-напрямною базою, що позбавляє заготовку 4-х ступенів вільності, а упор в торець позбавляє заготівку 1-го ступеню вільності – відповідає опорній базі. У такий спосіб деталь позбавляється 5 ступеней вільності, шоста залишається вільною. Похибка базування  $\epsilon_D = 0,025\text{мм}$

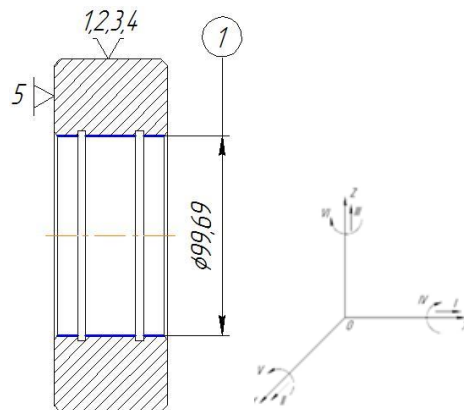


Рисунок 6.2 – Схема базування заготовки на горизонтально-протяжній операції

Таблиця 6.3 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені волі	Найменування баз
1,2,3,4	II, III, V, VI	Подвійно-напрямна база
5	I	Опорна
6	IV	Вакансія

Таблиця 6.4 – Матриця зв'язків

Найменування баз		X	Y	Z
ПНБ	L	0	1	1
	$\alpha$	0	1	1
ОБ	L	1	0	0
	$\alpha$	0	0	0
Вакансія	L	0	0	0
	$\alpha$	1	0	0

Виходячи із конструкції обраного обладнання, це єдиний можливий спосіб закріплення.

Операція 020 Зубофрезерна. Закріплення – на палець по внутрішньому отвору (рис. 6.5). При даній схемі базування отвір є напрямною базою, а торець деталі – установчою.

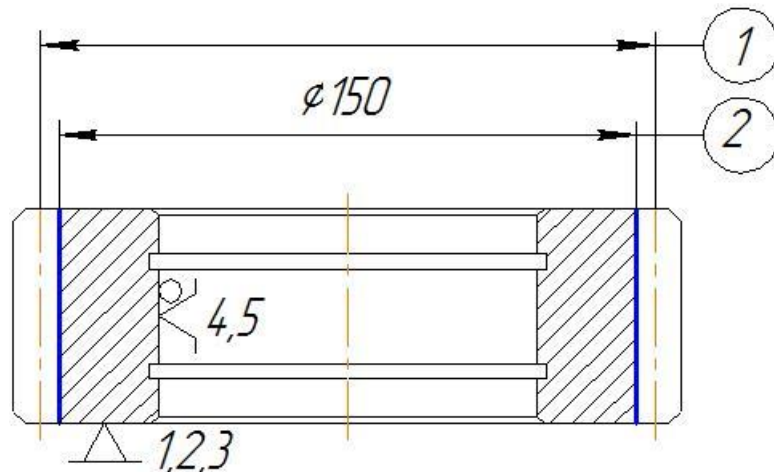


Рисунок 6.3 – Схема базування заготовки при зубонарізанні

Таблиця відповідностей і матриця зв'язків приведені в табл. 6.5 і табл. 6.6

Таблиця 6.6 – Таблиця відповідностей

Зв'язки	Ступені вільності	Найменування баз
1,2,3	II,IV,VI	Установча база
4,5	III,I	Подвійна опорна база
6	V	Вакансія

Таблиця 6.8 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	
L	0	1	0	Установча база
$\alpha$	1	0	1	
L	1	0	1	Подвійна опорна база
$\alpha$	0	0	0	
L	0	0	0	Вакансія
$\alpha$	0	1	0	

Проаналізувавши матриці можна стверджувати про те, що заготовка буде позбавлена п'яти ступенів вільності,  $\Sigma=3+2=5$  ступенів

Так як розміри задані симетрично то це є єдина схема базування і похибка базування відсутня тому що вимірювальна база співпадає з технологічною.

Виходячи із конструкції обраного обладнання, це єдиний можливий спосіб закріплення.

### 6.3 Обґрунтування вибору металорізальних верстатів

На 015 Горизонтально-протяжній операції можливе застосування різних верстатів для внутрішнього протягування. Порівнюючи основні технічні характеристики цих верстатів, обираємо обладнання, яке підходить за такими технологічними ознаками: потужність двигуна, необхідна для обробки заданої поверхні; габарити робочого столу; тягова сила [16, 17].

Напівавтомат протяжний вертикальний для внутрішнього протягування мод. 7A523: номінальна тягова сила 50 кН; робоча ширина столу 320 мм; відстань від салазок до осі отвору в столі 150 мм; найбільша довжина ходу санлазок 1000 мм; швидкість робочого ходу протяжки 1,5-11,5 м/хв; рекомендована швидкість зворотного ходу протягання 20 м/хв; потужність електродвигуна приводу головного руху, кВт 11.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

Напівавтомат протяжний вертикальний для внутрішнього протягування мод. 7Б77: номінальна тягова сила 700 кН; робоча ширина столу 710 мм; відстань від салазок до осі отвору в столі 200 мм; найбільша довжина ходу салазок 1600 мм; швидкість робочого ходу протяжки 1,0-7,9 м/хв; рекомендована швидкість зворотного ходу протягання 16 м/хв; потужність електродвигуна приводу головного руху 57 кВт.

Аналізуючи технічні характеристики верстатів, можна зробити висновок, що для обробки заданого отвору не достатня тягова сила 50кН та потужність 11кВт. Тому обираємо верста мод. 7Б77 з більш потужними характеристиками.

На операції 020 Зубофрезерна обираємо обладнання, яке підходить за таким технологічним ознаками:

Таблиця 6.9 – Основні технічні характеристики верстату 5А324

Характеристика	Значення
Найбільший діаметр нарізуваних циліндричних прямозубих коліс, мм	500
Найбільший модуль нарізованого колеса, мм	8
Найбільше переміщення супорта, мм	360
Число обертів фрези, об/хв	5...310
Пришвиджене переміщення каретки супорта, мм/хв	550
Число ступенів подач	7
Діаметре стола, мм	500
Потужність головного руху, кВт	7,5
Конус отвору шпинделя	Морзе 5
Габаритні розміри, мм	2500×1440×2000

- технологічні методи обробки поверхонь: для обробки поверхонь було розглянуто перелік верстатів, проаналізувавши, був обраний вертикальний зубофрезерний верстат моделі 5А324;

- потужність двигуна: верстат моделі 5А324 оснащений 7,5 кВт двигуном, якого достатньо для обробки поверхонь;

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

- тип виробництва: при середньосерійному виробництві широко використовується універсальне устаткування, таким обладнанням є верстат моделі 5А324.

#### 6.4 Обґрунтування вибору верстатних пристроїв, металорізального та вимірювального інструментів

В умовах серійного типу виробництва можуть використовуватися універсальні та спеціальні пристосування, різальний та вимірювальний інструмент[5].

На 015 Вертикально-протяжній операції вибираємо наступне устаткування [16, 17]:

- пристосування спеціальне – для закріплення заготовки;
- різальний інструмент: протяжка Р6М5 2402-2428 ГОСТ 25972-83 [10];
- вимірювальний інструмент: Калібр-пробка  $\varnothing$  99,68 спеціальний; зразок шорсткості Ra 3,2 ГОСТ 9378-93

На 020 Зубофрезерній операції вибираємо наступне устаткування [16, 17]:

- пристосування спеціальне – для закріплення заготовки;
- різальний інструмент: фреза черв'ячна цільна  $\varnothing$  100, тип 2, m=5 Р6М5 ГОСТ 9324-80 [10];
- вимірювальний інструмент: колесо зубчасте вимірювальне

#### 6.5 Розрахунки режимів різання

Розраховуємо режими різання аналітичним методом на зубофрезерну операцію, яка виконується на вертикально-зубофрезерному верстаті 5А312.

Визначаємо глибину різання. Нарізаємо зуби за один робочий хід. Тому глибина різання буде рівною висоті зуба:

$$t = h = 2,2m, \text{ мм} \quad (6.15)$$

$$t = 2,2 \cdot 5 = 11 \text{ мм}$$

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Визначаємо класифікаційну групу, до якої за нормативами відноситься вертикально-зубофрезерний верстат 5А312, карта 1.1 [1]. Він відноситься до III групи верстатів, так як потужність його електродвигуна 5 кВт.

Визначаємо величину подачі, карта 1.2, [2]. При обробці сталі 40Х і модулі  $m=5$  мм приймаємо осьову подачу  $S_{o \text{ табл}} = 2,5$  мм/об. Уточнюємо величину подачі, враховуючи поправні коефіцієнти (карта 1.5, [2]) за формулою:

$$S_o = S_{o \text{ табл}} \cdot K_{MS} \cdot K_{\beta S} \cdot K_{z1S} \cdot K_{zS} \cdot K_{FS}, \text{ мм/об} \quad (6.16)$$

де  $K_{MS}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал; при обробці сталі 40Х  $K_{MS} = 1,0$ ;

$K_{\beta S}$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу зубів сателіту; при  $\beta = 30^\circ$   $K_{\beta S} = 0,65$ ;

$K_{z1S}$  – коефіцієнт, що враховує число заходів фрези; при одному заході  $K_{z1S} = 1,0$ ;

$K_{zS}$  – коефіцієнт, що враховує число зубів сателіту; при  $z = 30$   $K_{zS} = 0,8$ ;

$K_{FS}$  – коефіцієнт, що враховує направлення подачі; при попутній подачі  $K_{FS} = 1,2$ .

$$S_o = 2,5 \cdot 1,0 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,2 = 1,56 \text{ мм/об.}$$

Коректуємо за паспортними даними верстата:  $S_o = 2,5$  мм/об.

Визначаємо період стійкості фрези (карта 1.3, [2]). При обробці сталі 40Х та модулі зубів сателіту  $m=5$  мм приймаємо  $T = 360$  хв.

Визначаємо швидкість головного руху різання, що допустима ріжучими властивостями фрези (карта 1.4, [2]). Для напівчистового нарізання зубів при подачі  $S_o = 2,5$  мм/об, модулі  $m=5$  мм приймаємо  $V_{\text{табл}} = 30$  м/хв. Уточнюємо величину швидкості різання за формулою:

$$V = V_{\text{табл}} \cdot K_{MV} \cdot K_{\beta V} \cdot K_{z1V} \cdot K_V \cdot K_{IV} \cdot K_{TV} \cdot K_{\Delta V}, \text{ м/хв} \quad (6.17)$$

де  $K_{MV}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал; при обробці сталі 40Х  $K_{MS} = 1,0$ ;

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		36

$K_{\beta V}$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу зубів сателіту; при  $\beta = 30^\circ$   $K_{\beta S} = 0,8$ ;

$K_{z1V}$  – коефіцієнт, що враховує число заходів фрези; при одному заході  $K_{z1S} = 1,0$ ;

$K_V$  – коефіцієнт, що враховує число проходів фрези; обробка виконується за один прохід, тому  $K_V = 1,0$ ;

$K_{IV}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези; матеріал фрези – швидкорізальна сталь Р6М5, тому  $K_{IV} = 1,0$ ;

$K_{TV}$  – коефіцієнт, що враховує період стійкості фрези; при  $T = 360$  хв  $K_{TV} = 1,17$ ;

$K_{\Delta V}$  – коефіцієнт, що враховує клас точності фрези;  $K_{\Delta V} = 1,0$ .

$$V = 30 \cdot 1,0 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,17 \cdot 1,0 = 28,08 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертання фрези за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \text{ об/хв} \quad (6.18)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 28,08}{3,14 \cdot 100} = 89,43 \text{ об/хв}$$

Коректуємо за паспортними даними верстата:  $n_d = 100$  об/хв.

Визначаємо дійсну швидкість головного руху різання за формулою:

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/хв} \quad (6.19)$$

$$V = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 100}{1000} = 31,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо потужність, що витрачається на різання (карта 5, [2]). Для напівчистового нарізання зубів при подачі  $S_o = 2,5$  мм/об, модулі  $m=5$  мм

					<i>TM 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		37

приймаємо  $N_{\text{табл}} = 1,4$  кВт. Уточнюємо величину потужності за формулою:

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_{\beta N}, \text{ кВт} \quad (6.19)$$

де  $K_{\beta N}$  – коефіцієнт, що враховує кут нахилу зубів сателіту; при  $\beta = 30^\circ$   $K_{\beta N} = 0,95$ .

$$N_{\text{різ}} = 1,4 \cdot 0,95 = 1,33 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата  $N_{\text{пв}}$  за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{пв}} \quad (6.20)$$

$$N_{\text{пв}} = N_{\text{д}} \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (6.21)$$

де  $N_{\text{д}}$  – потужність верстата за паспортними даними;  $N_{\text{д}} = 5$  кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії;  $\eta = 0,85$ .

$$N_{\text{пв}} = 5 \cdot 0,85 = 4,25 \text{ кВт}$$

$$1,33 < 4,25$$

Отже обробка можлива.

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_0 = \frac{Lz}{nS_0K}, \text{ хв} \quad (6.22)$$

де  $L$  – довжина робочого ходу фрези;

$K$  – число заходів фрези;  $K = 1$ .

$$L = b + l_1, \text{ мм} \quad (6.23)$$

де  $b$  – довжина обробки, мм;  $b = 60$  мм;

$l_1$  – врізання та перебіг фрези, мм; при модулі  $m=5$  мм, для обробки за один робочий хід  $l_1 = 37$  мм.

					<i>TM 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38



$$L = 60 + 37 = 97 \text{ мм}$$

$$T_0 = \frac{97 \cdot 30}{100 \cdot 2,5 \cdot 1} = 11,64 \text{ хв}$$

Розраховуємо режими різання табличним методом на горизонтально-протяжну операцію, яка виконується на горизонтально-протяжному верстаті 7Б57.

Визначення режиму різання при протягуванні починаємо із встановлення групи оброблюваності матеріалу (таблицю 6.1 (стор.111, [10])). При обробці сталі 40Х з твердістю 269...285НВ група оброблюваності – 3.

Подача при протягуванні являється елементом конструкції протяжки.

Визначаємо силу різання за формулою:

$$P_z = P \cdot B, \text{ Н} \quad (6.24)$$

де  $P$  – сила різання в Н на 1мм довжини різальної кромки, таблиця 54 (стор. 300) [5]. При обробці сталі 40Х з твердістю 269...285НВ  $P = 186 \text{ Н}$ .

$B$  – сумарна довжина різальних кромки, які одночасно беруть участь у різанні.

$$B = \pi \cdot D \cdot \frac{Z_p}{Z_c}, \text{ мм} \quad (6.25)$$

де  $Z_p$  – найбільше число одночасно працюючих зубів протяжки;

$Z_c$  – число зубів протяжки в секції;

$$Z_p = \frac{l}{t} + 1, \quad (6.26)$$

де  $l$  - довжина протягуваного отвору, мм;

$t$  – крок зубів протяжки;

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

$$Z_p = \frac{60}{12} + 1 = 6$$

$$B = 3,14 \cdot 99,688 \cdot \frac{6}{2} = 939 \text{ мм}$$

$$P_z = 186 \cdot 939 = 175 \text{ кН}$$

Перевіряємо чи достатня тягова сила верстата за умовою:

$$P < Q, \quad (6.27)$$

де  $Q$  – тягова сила верстата, кН;

$$175 < 400$$

Отже, протягування можливе.

Визначаємо швидкість різання (табл. 52, [5]). При групі швидкості різання  $3 V_{\text{різ}} = 5 \text{ м/хв}$ . Визначаємо швидкість різання за формулою:

$$V_d = \frac{60 \cdot 1020 \cdot N \cdot \eta}{P_z}, \text{ м/хв} \quad (6.28)$$

$$V_d = \frac{60 \cdot 1020 \cdot 37 \cdot 0,85}{175000} = 11 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання  $V$  порівнюємо з допустимою швидкістю різання  $V_d$ . Так як  $5 < 11$  ( $V < V_d$ ), то за розрахункове значення швидкості різання приймаємо  $5 \text{ м/хв}$ .

Визначаємо стійкість протяжки за (табл. 6.4 [5]). При обробці сталі 40Х з твердістю 269...285НВ стійкість  $T = 55 \text{ мм}$ . При обробці отворів довжиною більше 50 мм вводимо коефіцієнт 1,2, тому  $T = 66 \text{ мм}$ .

Кількість протягваних деталей між двома переточками протяжки визначаємо за формулою:

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

$$n = \frac{1000 \cdot T}{l}, \text{ шт} \quad (6.29)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 66}{60} = 1100 \text{ шт}$$

Визначаємо основний час за формулою:

$$T_o = \frac{L_{p.x}}{1000 \cdot V \cdot q} \cdot K \cdot i, \text{ хв}$$

де  $L_{p.x}$  – довжина робочого ходу;

$$L_{p.x} = l_n + l + l_{\text{дод}}, \text{ мм} \quad (6.30)$$

де  $l_n$  – довжина робочої частини протяжки;

$l$  – довжина оброблюваної поверхні;

$l_{\text{дод}}$  – величина на вхід та вихід протяжки;  $l_{\text{дод}} = 30\text{-}50 \text{ мм}$ ;

$$L_{p.x} = 305 + 60 + 50 = 415 \text{ мм}$$

$q$  – кількість одночасно оброблюваних деталей;

$K$  – коефіцієнт, який враховує відношення швидкості різання і швидкості холостого ходу (вибирається з паспорта верстата);

$$K = \frac{V}{V_x} + 1 \quad (6.31)$$

$$K = \frac{5}{20} + 1 = 1,25$$

$$T_o = \frac{415}{1000 \cdot 5 \cdot 1} \cdot 1,25 \cdot 1 = 0,10 \text{ хв}$$

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

## 6.6 Технічне нормування операцій

Технічні норми часу в умовах крупносерійного виробництва встановлюємо розрахунково-аналітичним методом в наступній послідовності.

Визначаємо штучний час на операцію за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{a_{орг} + a_{відп}}{100}\right), \text{ хв} \quad (6.32)$$

де  $T_{оп}$  – операційний час, хв.;

$$T_{оп} = T_о + T_д, \text{ хв} \quad (6.33)$$

де  $T_о$  – основний час на операцію, хв;

$T_д$  – допоміжний час на операцію, хв;

$$T_д = T_{уст} + T_{зв} + T_{пк} + T_{вим}, \text{ хв} \quad (6.34)$$

де  $T_{уст}$  – час на установку та зняття деталі, хв;

$T_{зв}$  – час, на закріплення та відкріплення деталі, хв;

$T_{пк}$  – час на прийоми керування, хв;

$T_{вим}$  – час на вимірювання, хв;

$a_{орг}$  – витрати часу на технічне обслуговування робочого місця, %;  $a_{орг} = 4\%$ ;

$a_{відп}$  – витрати часу на відпочинок та особисті потреби, %;  $a_{відп} = 4\%$ .

Технічне нормування зубофрезерної операції.

Допоміжний час на операцію визначаємо, враховуючи, що  $T_{уст} + T_{зв} = 0,26$  хв, табл. 5.5 с. 199 [1];  $T_{пк} = 0,18$  хв, табл. 5.9 с. 206 [1];  $T_{вим} = 0,07$  хв, табл. 5.14 с. 208 [1].

$$T_д = 0,26 + 0,18 + 0,07 = 0,51 \text{ хв}$$

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

Операційний час визначаємо за формулою (2.45), враховуючи, що  $T_0 = 11,64$  хв. (п.2.8)

$$T_{оп} = 11,64 + 0,51 = 12,15 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час на операцію за формулою (2.45):

$$T_{шт} = 12,15 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 13,12 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час на наладку верстата та інструменту та додаткові прийоми  $t_{пз}=17$  хв (табл. 6.6 с. 218 [1]).

Технічне нормування горизонтально-протяжної операції.

Допоміжний час на операцію визначаємо, враховуючи, що  $T_{уст} = 0,063$  хв, табл. 5.6 с. 199 [1];  $T_{зв} = 0,024$  хв, табл. 5.7 с. 201 [1].  $T_{пк} = 0,21$  хв, табл. 5.8 с. 204 [1];  $T_{вим} = 0,12$  хв, табл. 5.10 с. 206 [1].

$$T_d = 0,063 + 0,024 + 0,21 + 0,12 = 0,42 \text{ хв}$$

Операційний час визначаємо за формулою (2.46), враховуючи, що  $T_0 = 0,1$  хв. (п.2.8):

$$T_{оп} = 0,1 + 0,42 = 0,52 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час на операцію за формулою (2.45):

$$T_{шт} = 0,52 \cdot \left(1 + \frac{4 + 4}{100}\right) = 0,56 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час на наладку верстата та інструменту та додаткові прийоми  $t_{пз}=11$  хв (табл. 6.7 с. 220 [1]).

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

## 7 ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ УСТАНОВЛЕННЯ І ЗАКРІПЛЕННЯ ЗАГОТОВКИ

Враховуючи середньосерійний тип виробництва і необхідність зменшувати час на обробку та підвищувати точність поверхні при обробці, на вертикально-свердлувальній операції доцільно спроектувати спеціальне пристосування.

Умовою досягнення точності оброблюваної деталі є досягнення точного базування деталі в пристосуванні, при тому що точність верстата повинна задовольняти отримувані параметри [2, 4].

Необхідно спроектувати пристосування на операцію 020 Зубофрезерна. В базовому технологічному процесі заготовка закріплювалася в універсальному пристосуванні.

Необхідно спроектувати пристосування з пневмоприводом. Використання такого верстатного пристосування допоможе скоротити час на установку, базування та закріплення заготовки, що значно зменшить допоміжний час, як результат, собівартість деталі. Також необхідно відмітити, що використання такого верстатного пристрою допоможе збільшити точність та стабільність параметрів, отриманих на операції (точність форми та розміщення, шорсткість).

На операції 020 Зубофрезерна необхідно за допомогою черв'ячної фрези нарізати зуби.

Умовою досягнення точності оброблюваної деталі є досягнення точного базування деталі в пристосуванні, при тому що точність верстата повинна задовольняти отримувані параметри.

Згідно вимог креслення на заданій операції необхідно отримати зубчастий вінець з допуском  $T = 250$  мкм.

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

Точність форми.

Конструктором не відзначено точність форми отриманих поверхонь, тому назначаємо їх відповідно з нормальною відносною геометричною точністю – А згідно з ГОСТ 24643-81.

Точність розміщення поверхонь.

Конструктором заданий позиційний допуск, відхилення якого становить 0,03 мм на діаметр відносно зовнішньої циліндричної поверхні  $\varnothing 172,5_{-0,25}$  мм. При цьому цей допуск є залежним.

Шорсткість вершин зубців  $R_a = 5,0$  мкм, а впадин -  $R_a = 2,5$  мкм

Базові поверхні:

Точність розмірів.

- торці виконані в розмір  $60_{-0,74}$  мм. Допуск складає  $T=0,74$  мм, що відповідає 12 квалітету точності;

- зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 172,5_{-0,25}$  мм. Допуск складає  $T=0,25$  мм, що відповідає 8 квалітету точності;

- внутрішній отвір 100G6 мм, що відповідає 6 квалітету точності.

Точність форми.

Конструктором не відзначено точність форми отриманих поверхонь, тому назначаємо їх відповідно з нормальною відносною геометричною точністю – А згідно з ГОСТ 24643-81.

Визначення умов, в яких буде виготовлятися та використовуватися пристосування, що проектується.

Пристрій буде використовуватися на зубофрезерному верстаті моделі 5A312.

Верстат має систему охолодження. Стружка видаляється з зони різання, стола верстата при виключеному обладнанні. Верстатний пристрій повинен обслуговуватися оператором 3-4-го розряду. Захисний кожух не дозволить в процесі обробки розлітатися стружці та охолоджуючій рідині.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

Робоча температура навколишнього середовища  $t = 20 \pm 5^\circ\text{C}$ , відносна вологість повітря 80%, атмосферний тиск  $P_{\text{ат}} = 86 \dots 106$  кПа, швидкість руху повітря – 0,5 м/с, частота вібрації, виниклих в результаті роботи обладнання в цеху  $f=20-30$  Гц, освітлення приміщення (місцеве освітлення) 1500 Люкс.

Складання переліку виконуваних функцій.

Даний перелік функцій дозволяє попередньо ознайомитись з об'ємом робіт по використанню пристосування та зробити аналіз функцій.

0 – Переміщення та попередня орієнтація пристосування.

1 – Базування заготовки.

2 – Закріплення заготовки.

3 – Базування пристосування на верстаті.

4 – Закріплення пристосування на верстаті.

5 – Підвід та відвід енергоносіїв.

6 – Утворення сили для закріплення.

7 – Управління енергоносіями.

8 – Обробка заготовки.

9 – Досягнення безпечних умов праці.

10 – Об'єднання функціональних вузлів.

Виходячи з умов реалізації цих функцій та вимог до результатів їх реалізації, конструктор шукає прототипи з накопленого запасу різноманітних технічних рішень. Перевагу потрібно віддавати вже перевіреною конструкціям та, бажано, в основу конструкції вкладати здешевлення. Розробка спеціальних конструкцій вузлів потребує спеціального обґрунтування.

Розрахунок пристосування на точність

Похибка базування в пристосуванні визначається за формулою:

$$\varepsilon_6 = S_{\text{max}} = TD + Td + S_{\text{min}}, \text{ мм} \quad (7.1)$$

де  $TD$  – допуск на отвір, мм;  $TD = 0,03$  мм;

$Td$  – допуск на вал, мм;  $Td = 0,25$  мм;

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46



$S_{min}$  – мінімальний зазор, мм;  $S_{min} = 0$

$$\varepsilon_6 = 0,03 + 0,25 + 0 = 0,28 \text{ мм}$$

Похибка базування допустима визначається за формулою:

$$[\varepsilon_6] = T + \omega \cdot K, \text{ мм} \quad (7.2)$$

де  $T$  – допуск на розмір, що отримується, мм;  $T = 0,022$  мм;

$\omega$  – середня економічна точність обробки деталі на заданій операції;  $\omega = 0,125$ ;

$K$  – коефіцієнт серійності;  $K = 0,6$ ;

$$[\varepsilon_6] = 0,022 + 0,28 \cdot 0,6 = 0,19 \text{ мм}$$

Розрахункова похибка базування порівнюється з допустимою. Необхідно, щоб виконувалася умова:

$$\varepsilon_6 \leq [\varepsilon_6] \quad (7.3)$$

$$0,19 \leq 0,28$$

Похибка базування не перевищує гранично допустиму.

Отже, умова виконується. Пристосування забезпечить необхідну точність.

Призначення та принцип дії пристосування.

Дане пристосування призначене для установки і затиску заготовки і подальшого фрезерування по діаметру  $\varnothing 172,5$  мм на зубофрезерному верстаті моделі 5A312.

Пристрій складається з корпусу на який монтуються втулка і пневмоциліндр.

Пристосування базується на стіл верстата за допомогою спеціальних болтів, для яких передбачені пази в корпусі пристосування. Для того, щоб

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

обробити заготовку її встановлюють на шліцьову оправку і закріплюють швидкознімною шайбою, притиск якої до заготовки здійснюється штоком з накрученою на нього гайкою. Вся ця система працює за допомогою пневмоциліндра, вмонтованого в корпус пристосування. При попаданні повітря в штокову порожнину пневмоциліндра, заготовка притискається до корпусу пристосування за допомогою швидкознімної шайби. При надходженні повітря в безштокову порожнину, поршень зі штоком піднімається вгору і відбувається розтиск заготовки.

Обертання заготовки відбувається разом зі столом при її повороті на один опрацьований зуб.

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>		48

## ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської роботи був виконаний наступний обсяг роботи:

- проведено аналіз службового призначення ланцюгового конвейєру КС20, куди входить задана деталь. Виконано опис конструктивних особливостей деталі та умов її експлуатації. Проведено аналіз технічних вимог на виготовлення шестерні.

- встановлено, що тип виробництва середньосерійний, а форма організації виробництва – групова;

- проаналізовано деталь на технологічність;

- проведено техніко-економічні розрахунки оптимального варіанта виготовлення заготовки і прийнято штампування на КГШП.

Докладно розроблено дві операції: горизонтально-протяжну та зубофрезерну порівняні схеми базування і обрана найбільш раціональна; обрано найбільш раціональне металорізальне обладнання, верстатне технологічне оснащення; проведений розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій.

Розраховане і спроектоване спеціальне пристосування та карту налагодження зубофрезерну операцію.

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1 Анализ технических требований, выявление технологических задач, возникающих при изготовлении деталей, и технологический анализ конструкций / Под ред. А.Г. Косиловой. – М.: МВТУ, 1982. – 36 с.

2 Ансеров, М. А. Приспособления для металлорежущих станков / М. А. Ансеров. – М.; Л.: Машиностроение, 1964. – 652 с.

3 Горбачевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: «Высшая школа», 1983. – 256 с., ил.

4 Горошкин, А. К. Приспособления для металлорежущих станков: Справочник / А. К. Горошкин. – 7-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.

5 Егоров, М. Е. Технология машиностроения / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. Под ред. М. Е. Егорова. – Изд. 2-е и доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.

6 Колесов, И. М. Служебное назначение изделия и технические условия / И. М. Колесов. – М.: Знание, 1977. – 64 с.

7 Машиностроение. Энциклопедия / Ред. совет: К.В. Фролов (пред.) и др. Стали и чугуны. Т. II-2 / Г.Г. Мухин, А.И. Беляков, Н.Н. Александров и др.; Под общ. ред. О.А. Банных и Н.Н. Александрова. – М.: «Машиностроение», 2001. – 784 с., ил.

8 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 1. Загальні відомості / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 55 с.

9 Методичні вказівки до оформлення документації при виконанні розрахунково-графічних і курсових робіт, курсових і дипломних проектів з

					ТМ 18090050-00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

технології машинобудування: у 2 частинах. – Ч. 2. Приклади оформлення технологічної документації / укладачі: В. Г. Євтухов, В. О. Іванов. – Суми : Сумський державний університет, 2011. – 59 с.

10 Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: «Машиностроение», 1990. – 448с.

11 Общестроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного времени для технического нормирования станочных работ: Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 421 с.

12 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. - Ч. 2. Зуборезные, горизонтально-расточные, резьбо-накатные и отрезные станки. – М.: Машиностроение, 1974. – 200 с.

13 Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на шлифовальных и доводочных станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 203 с.

14 Режимы резания металлов: справ. / Под ред. Ю.Б. Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 311с.

15 Силантьева Н.А., Малиновский В.Р. Техническое нормирование труда в машиностроении: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1990. – 256 с.: ил.

16 Справочник технолога – машиностроителя. В 2 – х т. Т.2 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – М.: «Машиностроение», 1986. – 496с.

17 Справочник технолога-машиностроителя. Под ред. Панов. – М.: Машиностроение, 1980. – 527 с.

18 Чернавский С.А. Проектирование механических передач: учебно-справочное пособие для втузов. – М.: «Машиностроение», 1984. – 560 с.

19 ГОСТ 7505-89 Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски.

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

20 АЧ2. Материал из Википедии — свободной энциклопедии.  
[Электронный ресурс]: Web-сайт. – Режим доступа:  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D0%A72> – Назва з екрану.

21 "Неубиваемая" АЧ2 [Электронный ресурс]: Web-сайт. – Режим  
доступу: [https://pikabu.ru/story/neubivaemaya\\_ach2\\_6669919](https://pikabu.ru/story/neubivaemaya_ach2_6669919) – Назва з екрану.

22 Основи охорони праці: Підручник. 21ге видання, доповнене та  
перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний, Д. В. Зеркалов,  
Р. В. Сабарно, О. І. Полукаров, В. С. Коз'яков, Л. О. Мітюк. За ред. К. Н. Ткачука  
і М. О. Халімовського. — К.: Основа, 2006 — 448 с.

					<i>ТМ 18090050-00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52