

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний факультет

(повне найменування факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»

(повне найменування кафедри)

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу ротора»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи М-111

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ШАРКОВ Д.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник СТЕПАНОВ Д.М.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент МАТЮХІН А.Ю.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
**Національний університет «Запорізька політехніка»**  
 (повне найменування закладу вищої освіти)

Факультет Машинобудівний  
 Кафедра «Технологія машинобудування»  
 Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)  
 Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
(код і найменування)  
 Освітня програма (спеціалізація) «Технології машинобудування»  
(назва освітньої програми (спеціалізації))

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)**

ШАРКОВ Данило Олексійович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу ротора

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. СТЕПАНОВ Д.М.

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 25 » квітня 2025 року №199

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=5000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3. Розробка планування дільниці; 4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки; 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення деталі, заготовки, графічне зображення етапів підготовки управляючої програми та розрахунків на міцність, креслення робочого пристосування.

## 6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	СТЕПАНОВ Д.М., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 28 квітня 2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	20.05.2025	
2	Конструкторська частина	27.05.2025	
3	Розробка планування ділянки	29.05.2025	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	03.06.2025	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2025	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2025	
7	Захист дипломного проекту	10.06.2025	

Студент

(підпис)

Данило ШАРКОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Дмитро СТЕПАНОВ

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

## РЕФЕРАТ

ПЗ: 83 с., 18 рис., 26 табл., 2 додатки, 10 джерел.

КОРПУС РОТОРА, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС.

Об'єкт дослідження – корпус ротора.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення корпусу ротора.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус ротора», розраховано економічний ефект від впровадження верстатів з ЧПК, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму на операцію з ЧПК, спроектовано робоче та запропоновано контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі, виконано розрахунок щодо організаційних питань і кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

## ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі..	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	10
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	14
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	17
1.5 Розрахунок припусків	19
1.6 Розрахунок режимів різання.....	22
1.6.1 Операція 020 – токарна.....	22
1.6.2 Операція 035 – фрезерна.....	28
1.6.3 Операція 040 – фрезерна.....	32
1.7 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК.....	38
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	41
2.1 Проектування робочого пристосування.....	41
2.1.1 Конструкція та принцип роботи.....	41
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення.....	42
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затискання деталі у пристосуванні.....	43
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	45
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	45
2.3 Розрахунок на міцність	46
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	50
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	53

5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	64
ВИСНОВКИ.....	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	70
Додаток Б. Технологічні карти.....	72

## СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ОФ – оболонкові форми

ПШТЯ – послідовність показників точності та якості

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

## ВСТУП

У сучасних умовах розвитку машинобудування значно зростають вимоги до якості продукції, підвищення продуктивності праці та зниження собівартості виробів. Одним із шляхів досягнення цих цілей є впровадження новітніх технологій виготовлення деталей, автоматизація виробничих процесів та використання верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Дипломний проєкт присвячено розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус ротора». У роботі здійснено повний аналіз конструктивних особливостей деталі, обґрунтовано вибір заготовки та способу її обробки. Розраховано режими різання, визначено норми часу та складено маршрутну технологічну карту обробки. Окрема увага приділена розробці керуючої програми для виконання операцій на верстаті з ЧПК, що дозволяє підвищити точність і стабільність виготовлення деталі.

Також у проєкті запропоновано конструкцію робочого та контрольного пристосувань, що забезпечують надійну фіксацію та якісний контроль готового виробу. Проведено дослідження міцносних характеристик корпусу ротора для забезпечення його експлуатаційної надійності. Оцінено економічний ефект від впровадження сучасного обладнання та визначено кількість необхідних верстатів і робітників для організації виробничої дільниці.

Особливу увагу приділено питанням охорони праці: розроблені заходи щодо створення безпечних умов роботи для персоналу, що відповідають чинним нормам і стандартам.

Таким чином, дипломний проєкт спрямований на оптимізацію технологічного процесу виготовлення корпусу ротора з урахуванням сучасних вимог до якості, економічної ефективності та безпеки виробництва.

## 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Корпус ротора (рис. 1.1) виконує функцію опорної основи для ротора електричної машини або іншого обертового механізму. Він має циліндричну форму з внутрішніми отворами та пазом для встановлення валу, підшипників і, за потреби, інших елементів. Конструкція корпусу включає монтажні отвори на фланці, посадкові місця для підшипників, а також вентиляційні отвори для охолодження.

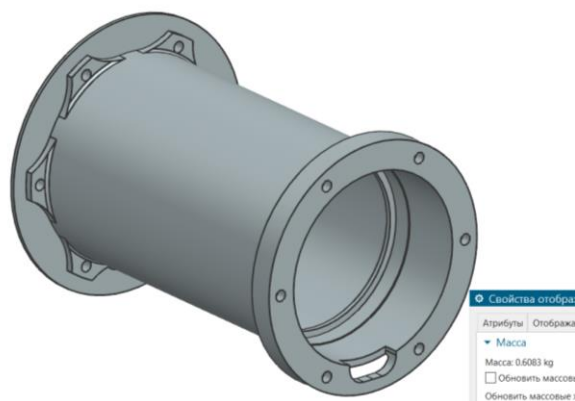


Рисунок 1.1 – Модель деталі

Службове призначення:

- 1) Забезпечення жорсткої фіксації ротора в робочому положенні.
- 2) Захист внутрішніх компонентів від зовнішніх впливів.
- 3) Забезпечення точності обертання і збереження центрування валу.
- 4) Передача механічного навантаження на опорну конструкцію або станину.
- 5) Забезпечення умов для теплообміну і охолодження.

Корпус ротора виконано з сталі 20 – це низьковуглецева конструкційна сталь, яка відзначається хорошими механічними властивостями та технологічністю обробки. Застосовується для деталей, що працюють при

невисоких навантаженнях і не потребують високої міцності. Хімічний склад сталі 20 наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 20, % [1]

Fe	C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
основа	0,17... 0,24	0,17... 0,37	0,35... 0,65	до 0,3	до 0.04	до 0,035	до 0,25	до 0,3

## 1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Попередньо тип виробництва призначаємо згідно програми випуску 5000 штук та маси деталі 0,6 кг як серійний [2, 3]. Для обробки деталі «Корпус ротора» призначаємо змінно-потоківу форму організації робіт.

Кількість партії оброблюваних деталей:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}, \text{ шт} \quad (1.1)$$

де N – річна програма випуску, N=5000 шт;

$\alpha$  – періодичність запуску деталей в виробництво,  $\alpha=3$  дні;

A – кількість робочих днів на рік, A=250 днів.

$$n = \frac{3 \cdot 5000}{250} = 60 \text{ шт}$$

## 1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Корпус ротора» обираємо наступні методи отримання

заготовки:

- лиття в оболонкові форми (ОФ);
- прокат.

Маса заготовки визначається за допомогою програмного забезпечення NX. Моделі заготовок наведено на рис. 1.2, 1.3. Припуски на всі поверхні приймаються в залежності від їх маси згідно [4].

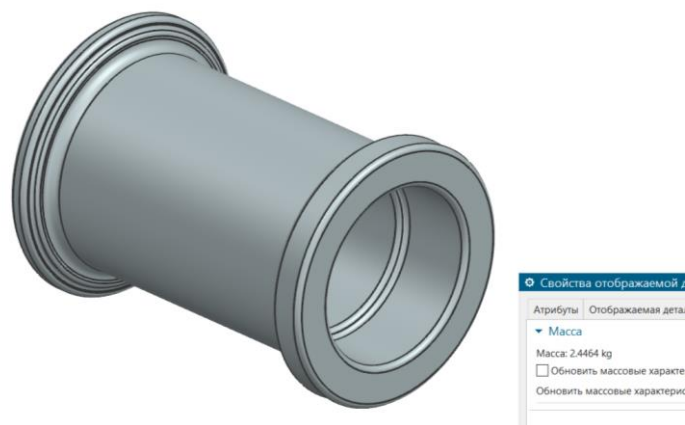


Рисунок 1.2 – Модель заготовки, що отримується литтям в оболонкові форми

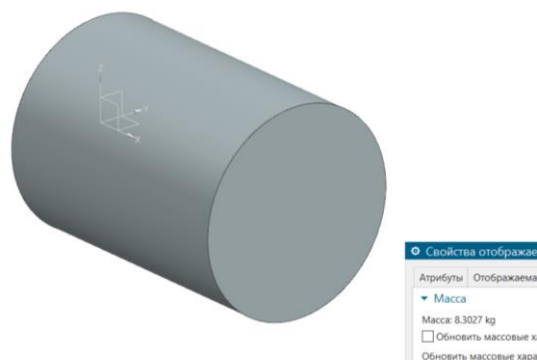


Рисунок 1.3 – Модель заготовки, що отримується з прокату

Собівартість виготовлення однієї заготовки  $B$ , грн, розраховується за формулою:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \frac{B_{\text{відх}}}{1000}, \quad (1.2)$$

де  $Q$  – вага заготовки, кг;

$q$  – вага деталі, кг;

$V_B$  – базова собівартість виготовлення 1 т заготовок, грн. [5];

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовки [5];

$K_M$  – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі [5];

$K_C$  – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки [5];

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує масу заготовки [5];

$K_{II}$  – коефіцієнт, що враховує програму випуску заготовки [5];

$V_{відх}$  – вартість 1 т стружки [5].

$$V_{OF} = \frac{4350}{1000} \cdot 2,4 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 - (2,4 - 0,6) \cdot \frac{140}{1000} = 12,7 \text{ грн}$$

$$V_{II} = \frac{1140}{1000} \cdot 8,3 - (8,3 - 0,6) \cdot \frac{140}{1000} = 8,4 \text{ грн}$$

Показники методів отримання заготовки заносяться в таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			ОФ	П
Вага заготовки	$Q$	кг	2,4	8,3
Базова вартість 1 т заготовки	$V_B$	грн	4350	1140
Коефіцієнти	$K_T$		1,03	1
	$K_M$		1,21	1
	$K_C$		1	1
	$K_3$		1	1
	$K_{II}$		1	1
Вартість 1 т стружки	$V_{відх}$	грн	140	140
Собівартість заготовки	$V_3$	грн	12,7	8,4
КВМ	$\eta$		0,25	0,07

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.3)$$

$$\eta_{0\Phi} = \frac{0,6}{2,4} = 0,25$$

$$\eta_{\Pi\Phi} = \frac{0,6}{8,3} = 0,07$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_{0\Phi} - B_{\Pi}) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E_B = (12,7 - 8,4) \cdot 5000 = 21500 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки литтям в оболонковій формі:

$$M_e = \frac{q(\eta_{0\Phi} - \eta_{\Pi})}{\eta_{0\Phi} \cdot \eta_{\Pi}} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{0,6 \cdot (0,25 - 0,07)}{0,25 \cdot 0,07} \cdot 5000 = 30857,1 \text{ кг}$$

Так як отримали значення  $B_{\Pi} < B_{0\Phi}$ , але  $\eta_{\Pi} < \eta_{0\Phi}$ , то порівнюємо додаткові витрати згідно формули:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot M_e \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} \quad (1.6)$$

$$B = \frac{4350}{1000} \cdot 30857,1 \cdot 1,03 \cdot 1,21 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 167289 \text{ грн}$$

Обираємо методом отримання заготовки – лиття в оболонковій формі.

## 1.4 Проєктування технологічного маршруту виготовлення деталі

### 1.4.1 Вибір технологічних баз

Для токарної обробки в якості баз приймаємо внутрішні циліндричні поверхні  $\varnothing 68$ , зовнішні циліндричні поверхні  $\varnothing 95$ ,  $\varnothing 89$  та крайні торці. При фрезеруванні пазів, лисок та свердлінні отворів якості баз обираємо внутрішню циліндричну поверхню  $\varnothing 68$  та крайній торець. Для внутрішньошліфувальних операцій в якості баз обираємо зовнішню циліндричну поверхню  $\varnothing 73$  та крайній торець.

### 1.4.2 Проєктування маршруту обробки поверхонь

Складаємо маршрут обробки поверхонь (МОП), який складається з послідовності переходів обробки. Загальне уточнення розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.7)$$

де  $Td_3$  – допуск на розмір заготовки, мкм;

$Td_d$  – допуск на розмір деталі, мкм;

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.8)$$

де  $Ra_3$  – параметр шорсткості заготовки, мкм;

$Ra_d$  – параметр шорсткості деталі, мкм;

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.9)$$

$\Delta_3$  – похибка форми заготовки, мкм;

$\Delta_d$  – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні –  $\varnothing 68^{(+0,018)}$ :

$$\varepsilon_d = \frac{1}{0,018} = 55$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{20}{0,8} = 25$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,8}{0,04} = 20$$

Кількість переходів розраховується по формулі (1.10) за найбільшим значенням уточнення:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.10)$$

$$k = 2 \cdot \lg 55 = 3,5$$

Приймаємо  $k=4$  переходи: IT=IT16-H6=10=3+3+2+2.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) для допуску – IT16 → H13 → H10 → H8 → H6;

2) для шорсткості – Ra20 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8.

Точіння чорнове:  $T_{D1}=300$  мкм;  $T_{Ra1}=6,3$  мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1000}{300} = 3,3$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{20}{6,3} = 3,1$$

Точіння получистове:  $T_{D2}=120$  мкм;  $T_{Ra2}=3,2$  мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{300}{120} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 3,3 \cdot 2,5 = 8,2 < \varepsilon_d = 55$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 3,1 \cdot 2 = 6,2 < \varepsilon_{Ra} = 25$$

Точіння чистове:  $T_{D4}=46$  мкм;  $T_{Ra4}=1,6$  мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{120}{46} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 8,2 \cdot 2,5 = 20,5 < \varepsilon_d = 55$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 6,2 \cdot 2 = 12,4 < \varepsilon_{Ra} = 25$$

Шліфування:  $T_{D5}=18$  мкм;  $T_{Ra5}=0,8$  мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d5} = \frac{46}{18} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

Перевірка:

$$\Pi \varepsilon_{di} = 20,5 \cdot 2,5 = 51,5 < \varepsilon_d = 55$$

$$\Pi \varepsilon_{Ra} = 12,4 \cdot 2 = 24,8 < \varepsilon_{Ra} = 25$$

Розрахунок МОП інших поверхонь занесено до таблиці 1.3.

### 1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) «Корпус ротора» має наступний вигляд:

I етап – отримання заготовки,

II термічна обробка (ТО);

III етап – механічна обробка:

- токарна обробка;
- фрезерна обробка;
- свердлильна обробка
- слюсарна обробка

IV етап – мийка, контроль;

V етап – шліфування

VI етап – мийка, контроль.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення		
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 68^{(+0.018)}$ Ra0,8	Td	55	3,96	4	$\Delta IT = IT16 - H6 = 10$ IT16 $\rightarrow$ H13 $\rightarrow$ H10 $\rightarrow$ H8 $\rightarrow$ H6	1	Заготовка-штамповка	1000	20	-	-	
						2	Термічна обробка	-	-	-	-	
	Ra	25				Ra20 $\rightarrow$ Ra6,3 $\rightarrow$ Ra3,2 $\rightarrow$ Ra1,6 $\rightarrow$ Ra0,8	3	Точіння чорнове	300	6,3	3,3	3,1
							4	Точіння получистове	120	3,2	2,5	2
							5	Точіння чистове	46	1,6	2,5	2
							6	Шліфування	18	0,8	2,5	2
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 67,5^{(+0.03)}$ Ra0,8	Td	33,3	3,1	4	$\Delta IT = IT16 - H7 = 9$ IT16 $\rightarrow$ H13 $\rightarrow$ H10 $\rightarrow$ H8 $\rightarrow$ H7	1	Заготовка-штамповка	1000	20	-	-	
						2	Термічна обробка	-	-	-	-	
	Ra	25				Ra20 $\rightarrow$ Ra6,3 $\rightarrow$ Ra3,2 $\rightarrow$ Ra1,6 $\rightarrow$ Ra0,8	3	Точіння чорнове	300	6,3	3,3	3,1
							4	Точіння получистове	120	3,2	2,5	2
							5	Точіння чистове	46	1,6	2,5	2
							6	Шліфування	30	0,8	1,5	2

## 1.5 Розрахунок припусків

Розрахунково-аналітичним методом визначемо припуски для внутрішньої циліндричної поверхні –  $\varnothing 68^{(+0.018)}$ :

- 1) для заготовки  $Rz_0 = 40$  мкм та  $h_0 = 160$  мкм [5]
- 2) для чорнового точіння  $Rz_1 = 20$  мкм та  $h_1 = 20$  мкм [5];
- 3) для получистового точіння  $Rz_2 = 10$  мкм та  $h_2 = 10$  мкм [5];
- 4) для чистового точіння  $Rz_3 = 5$  мкм та  $h_3 = 5$  мкм [5];
- 5) для шліфування  $Rz_4 = 5$  мкм та  $h_4 = 10$  мкм [5].

Сумарне значення просторових відхилень відливки:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\Pi}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.11)$$

де  $\rho_{\Pi}$  – похибка від перекосу отвору;

$\rho_{\text{кор}}$  – похибка від короблення,

$$\rho_{\Pi} = \Delta_{\Pi} L, \quad (1.12)$$

$\Delta_{\Pi}$  – перекося отвору,  $\Delta_{\Pi} = 3$  мкм/мм [4].

$L$  – довжина деталі.

$$\rho_{\Pi} = 3 \cdot 131,5 = 394,5 \text{ мкм},$$

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кор}} L, \quad (1.13)$$

$\Delta_{\text{кор}}$  – короблення поверхні,  $\Delta_{\text{кор}} = 0,3$  мкм/мм [4].

$$\rho_{\text{кор}} = 0,3 \cdot 131,5 = 39,4 \text{ мкм},$$

$$\rho_0 = \sqrt{394,5^2 + 39,4^2} = 396 \text{ мкм}$$

Просторові похибки та похибка закріплення для механічних переходів розраховуються за формулами:

$$\rho_1 = K_{\text{ут}} \cdot \rho_0, \quad (1.14)$$

$$\varepsilon_1 = K_{\text{ут}} \cdot \varepsilon_0, \quad (1.15)$$

де  $K_{\text{ут}}$  – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки по [5].

$\varepsilon$  – похибка встановлення, для заготовки  $\varepsilon_0 = 420$  деталь встановлюється в трьохкулачковому патроні [5].

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 396 = 24 \text{ мкм}$$

$$\rho_2 = 0,04 \cdot 24 = 1 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,03 \cdot 1 = 0 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0,02 \cdot 0 = 0 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_1 = 0,06 \cdot 420 = 25 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 24 = 1 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_3 = 0,03 \cdot 1 = 0 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$2z_i^{\min} = 2 \left( Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.16)$$

$$2z_1^{\min} = 2(40 + 160 + \sqrt{396^2 + 420^2}) = 1554 \text{ мкм}$$

$$2z_2^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{24^2 + 25^2}) = 149 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(10 + 10 + \sqrt{1^2 + 1^2}) = 42 \text{ мкм}$$

$$2z_4^{\min} = 2(5 + 5 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 20 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу розраховується за формулою:

$$D_4^{\max} = D_4^{\min} + ES_{D4} \quad (1.17)$$

$$D_4^{\max} = 68 + 0,018 = 68,018 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$D_i^{\max} = D_{i+1}^{\max} - 2z_{i+1}^{\min} - TD_{i+1} \quad (1.18)$$

$$D_3^{\max} = 68,018 - 0,02 - 0,018 = 67,98 \text{ мкм}$$

$$D_2^{\max} = 67,98 - 0,042 - 0,046 = 67,892 \text{ мкм}$$

$$D_1^{\max} = 67,892 - 0,149 - 0,12 = 67,623 \text{ мкм}$$

$$D_0^{\max} = 67,623 - 1,554 - 0,3 = 65,769 = 65,7 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$D_i^{\min} = D_i^{\max} - TD_i \quad (1.19)$$

$$D_0^{\min} = 68,018 - 0,018 = 68 \text{ мм}$$

$$D_1^{\min} = 67,98 - 0,046 = 67,934 \text{ мм}$$

$$D_2^{\min} = 67,892 - 0,12 = 67,772 \text{ мм}$$

$$D_3^{\min} = 67,623 - 0,3 = 67,323 \text{ мм}$$

$$D_4^{\min} = 65,7 - 1 = 64,7 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходах механічної обробки розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = D_i^{\max} - D_{i-1}^{\min} \quad (1.20)$$

$$2z_1^{\max} = 67,623 - 64,7 = 2,923 \text{ мм}$$

$$2z_2^{\max} = 67,892 - 67,323 = 0,569 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 67,98 - 67,772 = 0,208 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 68,018 - 67,934 = 0,084 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{зар}} + TD_{\text{дет}} = TD_0 \quad (1.21)$$

$$2z_0^{\max} = D_4^{\max} - D_0^{\min} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\min} = D_4^{\min} - D_0^{\max} \quad (1.23)$$

$$2z_0^{\max} = 68,018 - 64,7 = 3,318 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 68 - 65,7 = 2,3 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1 + 0,018 = 1,018 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 3,318 - 2,3 = 1,018 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки –  $\varnothing 66,2 \pm 0,5$  мм.

Розрахунки припусків зведено до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	IT	Метод обробки		Td, мм	$d_i^{\max}$ , мм	$d_i^{\min}$ , мм	$2z_i^{\max}$	
$\varnothing 68^{(+0,018)}$ Ra=0,8	16	Заготовка	1,0	65,7	64,7	-	-	$\varnothing 66,2 \pm 0,5$
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	13	Точін. чорн.	0,3	67,623	67,323	2923	1554	$\varnothing 67,3^{+0,3}$
	10	Точін. получ.	0,12	67,892	67,772	569	149	$\varnothing 67,7^{+0,12}$
	8	Точін. чист.	0,046	67,98	67,934	208	42	$\varnothing 67,9^{+0,046}$
	6	Шлиф.	0,018	68,018	68	84	20	$\varnothing 68^{+0,018}$
	3,318-2,3=1+0,018 1,018=1,018						3,318	2,3

## 1.6 Розрахунок режимів різання

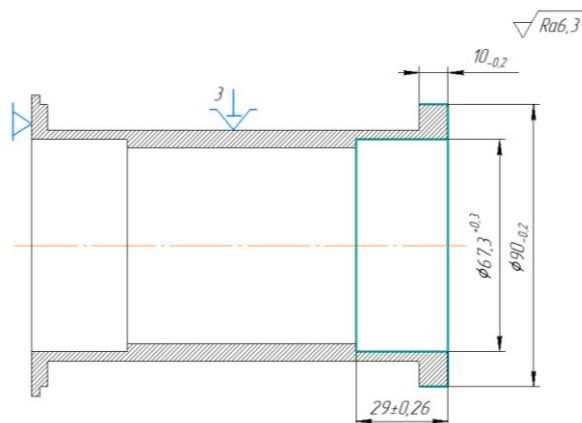
### 1.6.1 Операція 020 – токарна

Чорнове точіння виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) HAAS ST-10 (рис. 1.4). Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.5. В якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий.

Операція складається із трьох переходів:

- Перший перехід – точити поверхні начорно;

- Другий перехід – розточити отвір.



- Рисунок 1.4 – Операційний ескіз 020 токарної операції

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика верстата HAAS ST-10

Параметри	Значення
Швидкість руху подачі, мм/хв	
-поздовжня	1-1200
-поперечної	0,5-600
Найбільше повздовжнє переміщення супорта, мм	406
Швидкість прискореного переміщення, м/хв, супорту	
-поздовжнього	30,5
-поперечного	30,5
Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	6000
Найбільший розмір оброблюваної деталі, мм	305
Діаметр патрона, мм	165
Позицій інструмента	12
Потужність привода шпинделя, кВт	11,2

Інструмент:

1) різець прохідний  $\phi=95^\circ$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $\gamma=8^\circ$ ;  $r=0,8\text{мм}$ , Т5К30 ГОСТ 18880-73 [7];

2) різець розточний  $\varphi=95^\circ$ ,  $\alpha=10^\circ$ ,  $\gamma=8^\circ$ ;  $r=0,8\text{мм}$ , Т5К30 ГОСТ 18883-73 [7];

Припуск на обробку зовнішніх поверхонь розраховується за формулою:

$$h = \frac{D_{\text{заг}} - D_{\text{дет}}}{2}, \quad (1.24)$$

де  $D_{\text{заг}}$  – розмір заготовки, мм;

$D_{\text{дет}}$  – операційний розмір деталі, мм.

$$h = \frac{94-90}{2} = 2 \text{ мм}$$

Глибина різання  $t$ , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.25)$$

де  $i$  – кількість проходів,  $i=2$ .

$$t = \frac{2}{2} = 1 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.26)$$

де  $S_{0T}$  – табличне значення подачі мм/об,  $S_{0T} = 0,45$  [8];

$K_S$  – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{SK} \cdot K_{Sy} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sr} \cdot K_{SM} \quad (1.27)$$

де  $K_{SK}$  – коефіцієнт, що враховує квалітет обробки,  $K_{SK} = 1,0$  [8];

$K_{Sr}$  – коефіцієнт, що враховує радіус вершини різця,  $K_{Sr} = 0,85$  [8];

$K_{S\varphi}$  – коефіцієнт, що враховує кінематичний кут в плані,  $K_{S\varphi} = 1,0$  [8];

$K_{Sy}$  – коефіцієнт, що враховує схему встановлення заготовки,  $K_{Sy} = 1,2$  [8];

$K_{SM}$  – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,  $K_{SM} = 0,8$  [8].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 0,8 = 0,81$$

$$S_0 = 0,45 \cdot 0,81 = 0,36 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата  $S = 0,3$  мм/об.

Швидкість різання розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.28)$$

де  $V_T$  – табличне значення швидкості різання,  $V_T = 487$  м/хв [8];

$K_V$  – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_{И}} \cdot K_{V_j} \cdot K_{V_0} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_\phi} \cdot K_{V_{ж}} \quad (1.29)$$

де  $K_{V_C}$  – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал,  $K_{V_C} = 1,0$  [8];

$K_{V_{И}}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої пластини,  $K_{V_{И}} = 0,8$  [8];

$K_{V_j}$  – коефіцієнт, що враховує жорсткість верстата,  $K_{V_j} = 0,7$  [8];

$K_{V_0}$  – коефіцієнт, що враховує вид обробки,  $K_{V_0} = 1,0$  [8];

$K_{V_T}$  – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента,  $K_{V_T} = 0,6$  [8];

$K_{V_M}$  – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,  $K_{V_M} = 0,7$  [8];

$K_{V_\phi}$  – коефіцієнт, що враховує геометрію різця,  $K_{V_\phi} = 1,0$  [8];

$K_{V_{ж}}$  – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням,  $K_{V_{ж}} = 1,0$  [8].

$$K_V = 1,0 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,23$$

$$V = 487 \cdot 0,23 = 114 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя  $n$ , об/хв розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.30)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 90} = 403,4 \text{ об/хв}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 114}{3,14 \cdot 67,3} = 539 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно

до паспортних даних  $n_d=400$  об/хв,  $n_d=500$  об/хв.

Дійсна швидкість різання розраховується за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.31)$$

$$V_d = \frac{400 \cdot 3,14 \cdot 90}{1000} = 113 \text{ м/хв}$$

$$V_d = \frac{500 \cdot 3,14 \cdot 67,3}{1000} = 105 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу розраховується за формулою:

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.32)$$

де  $l_{обр}$  – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$  – величина врізання,  $l_{вр} = 2$  мм [8];

$l_{пер}$  – перебігу,  $l_{пер} = 0,5$  мм [8].

$$L_{px1} = 11 + 10 = 21 \text{ мм}$$

$$L_{px2} = 29 + 2,5 = 31,5 \text{ мм}$$

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.33)$$

$$t_{o1} = \frac{21}{0,3 \cdot 400} \cdot 2 = 0,34 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{31,5}{0,3 \cdot 400} \cdot 2 = 0,52 \text{ хв}$$

$$\sum T_o = 0,34 + 0,52 = 0,86 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{доп} = t_{вст} + t_{мд} + t_{контр}, \quad (1.34)$$

де  $t_{вст}$  – час на встановлення та зняття деталі,  $t_{вст} = 0,5$  хв [8];

$t_{\text{мд}}$  – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь,  $t_{\text{мд}} = 0,5$  хв [8];

$t_{\text{контр}}$  – час на контроль деталі, хв.

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.35)$$

де  $t_{\text{вим}}$  – час на вимірювання,  $t_{\text{вим}} = 0,5$  хв [8];

$K_n$  – періодичність вимірювань,  $K_n = 0,4$  [8].

$$t_{\text{контр}} = 0,5 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,5 + 0,5 + 0,2 = 1,2 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.36)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,86 + 1,2 = 2,06 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.37)$$

де  $\alpha$  – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби,  $\alpha = 10\%$  [8].

$$t_{\text{дод}} = 2,06 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.38)$$

$$t_{\text{шт}} = 2,06 + 0,2 = 2,26 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} \quad (1.39)$$

де  $t_{пз1}$  – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни,  $t_{пз1} = 12$  хв [8];

$t_{пз2}$  – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс вище,  $t_{пз2} = 15$  хв [8];

$$t_{пз} = 12 + 15 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.40)$$

$$t_{шт-к} = 2,26 + \frac{27}{60} = 2,71 \text{ хв}$$

### 1.6.2 Операція 035 – фрезерна

Для даній операції виконується фрезерування виборок на фланці деталі, для цього обираємо фрезерний верстат з ЧПК моделі HAAS VF-1 (рис. 1.5). В якості інструменту обираємо спеціальну Т-образну фрезу, діаметром  $D = 40$  мм з числом зубів  $z = 30$  з швидкорізальної сталі Р6М5. Технічні характеристики верстата наведені в таблиці 1.6.

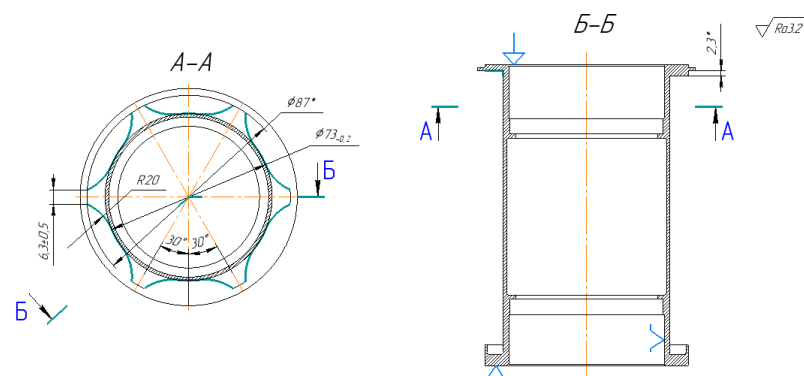


Рисунок 1.5 – Ескіз для фрезерної операції

Таблиця 1.6 – Технічна характеристика верстата

Параметр	Значення
Робочі ходи:	
Вісь X	508 мм
Вісь Y	406 мм
Вісь Z	508 мм
Максимальна потужність	22,4 кВт
Максимальна швидкість	8100 об/хв
Стіл:	
Довжина	660 мм
Ширина	356 мм
Ширина T-подібного паза	15,90 ... 16,00 мм
Пришвиджене переміщення:	
Швидкі рухи на X	25,4 м/хв
Швидкі рухи на Y	25,4 м/хв
Швидкі рухи на Z	25,4 м/хв

Глибина різання на один прохід:  $t = 2,3$  мм.

Подача згідно формул (1.26), (1.27):

де  $S_{\text{табл}}$  – табличне значення подачі,  $S_{\text{табл}} = 0,02$  мм/зуб [6].

$K_{S\pi}$  – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні,  $K_{S\pi} = 1,0$  [6];

$K_{Si}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту,  $K_{Si} = 1,0$  [6];

$K_{S\phi}$  – коефіцієнт, враховує форму оброблюваної поверхні,  $K_{S\phi} = 1,0$  [6];

$$S_p = 0,02 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,02 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання по формулі (1.28), (1.29):

де  $V_{\text{табл}}$  – табличне значення швидкості,  $V_{\text{табл}} = 47$  м/хв – [6].

$K_{VM}$  – коефіцієнт оброблюваності матеріалу,  $K_{VM} = 1,0$  [6];

$K_{VII}$  – коефіцієнт, враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту,  $K_{VII} = 1,0$  [6];

$K_{V\phi}$  – коефіцієнт, враховує вид обробки,  $K_{V\phi} = 1,0$  [6];

$K_{VT}$  – коефіцієнт, враховує жорсткість деталі,  $K_{VT} = 0,57$  [6];

$K_{VЖ}$  – коефіцієнт, враховує стан поверхні заготовки,  $K_{VЖ} = 1,13$  [6];

$K_{VO}$  – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОТС,  $K_{VO} = 1,0$  [6];

$$V_p = 47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 = 30 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 40} = 238 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату:  $n=200$  об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.31):

$$V = \frac{3,14 \cdot 40 \cdot 200}{1000} = 25 \text{ м/хв}$$

Визначення хвилинної подачі інструменту.

$$S_M = S_Z \cdot n \cdot z: \quad (1.41)$$

$$S_M = 0,02 \cdot 200 \cdot 30 = 120 \text{ мм/хв}$$

Вибираємо значення:  $S_M = 120$  мм/хв

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_1}{S_M} + \frac{l}{S_M} \cdot i; \quad (1.42)$$

де  $l$  – довжина фрезерування;

$l_1$  – величина врізання;

$i$  – число проходів;

$$l_1 = 0,5D \sin(\arccos(1 - \frac{2t}{D})) \quad (1.43)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 40 \cdot \sin(\arccos(1 - \frac{2 \cdot 2,3}{40})) = 9,4 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{9,4 + 15 + 9,4}{120} \cdot 6 = 8,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.34), (1.35):

де  $t_{\text{вст}}$  – час на встановлення та зняття деталі,  $t_{\text{вст}} = 0,4$  хв [8];

$t_{\text{мд}}$  – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь,  $t_{\text{мд}} = 0,4$  хв [8];

$t_{\text{вим}}$  – час на,  $t_{\text{вим}} = 0,2$  хв [8];

$K_n$  – періодичність,  $K_n = 0,5$  [8].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,4 + 0,1 = 0,9 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{оп}} = 8,9 + 0,9 = 9,8 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.37):

де  $\alpha$  – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби,  $\alpha = 10\%$  [8].

$$t_{\text{дод}} = 9,8 \cdot 0,1 = 0,9 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{шт}} = 9,8 + 0,9 = 10,7 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.39):

де  $t_{пз1}$  – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни,  $t_{пз1} = 12$  хв [8];

$t_{пз2}$  – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс,  $t_{пз2} = 13$  хв [8];

$$t_{пз} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{шт-к} = 10,7 + \frac{25}{60} = 11,11 \text{ хв}$$

### 1.6.3 Операція 040 – фрезерна

На операції виконується свердління отворів та фрезерування пазів, для цього обираємо фрезерний верстат з ЧПК моделі HAAS VF-1 (рис. 1.6). Для свердління отвору обираємо свердло спіральне, діаметром 4,2 мм із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73. Для фрезерування: фреза кінцева діаметром 10 мм із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 17025-71.

Глибина різання для свердління розраховується за формулою:

$$t = \frac{D_{св}}{2} \tag{1.44}$$

$$t_{св} = \frac{4,2}{2} = 2,1 \text{ мм}$$

Для фрезерування:  $t_{ф1}=2,3$  мм,  $t_{ф2}=1,8$  мм.

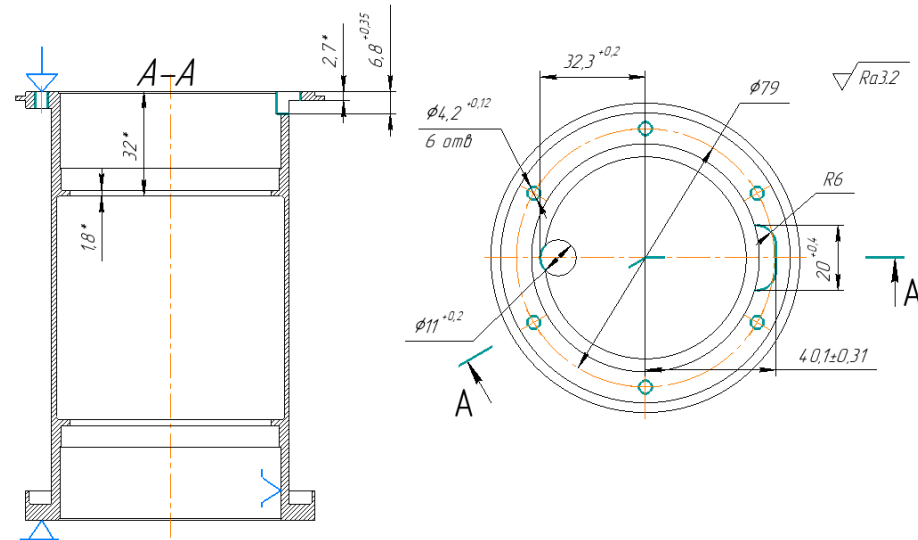


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Подача для свердління розраховується за формулою (1.26), (1.27):

де  $S_{0T}$  – табличне значення подачі,  $S_{0T} = 0,15$  [7];

$K_{SI}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал свердла,  $K_{SI} = 0,9$  [7];

$K_{SZ}$  – коефіцієнт, що враховує заточку свердла,  $K_{SZ} = 0,9$  [7];

$K_{SI}$  – коефіцієнт, що враховує довжину,  $K_{SI} = 0,9$  [7];

$K_{SM}$  – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,  $K_{SM} = 0,6$  [7].

$$S_0 = 0,15 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,05 \text{ мм/об}$$

Приймаємо 0,05мм/об.

Розраховуємо швидкість різання для свердління (1.28), (1.29):

де  $V_T$  – табличне значення швидкості різання,  $V_T = 25,7$  м/хв [7];

$K_{Vc}$  – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал,  $K_{Vc} = 0,8$  [7];

$K_{Vi}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези,  $K_{Vi} = 1$  [7];

$K_{VT}$  – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента,  $K_{VT} = 0,7$  [7];

$K_{Vj}$  – коефіцієнт, що враховує довжину свердла,  $K_{Vj} = 1,0$  [7];

$K_{Vo}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні,  $K_{Vo} = 1,0$   $K_{Vo} = 1,0$  [7];

$K_{Vж}$  – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням,  $K_{Vж} = 0,8$  [7].

$$V = 25,7 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 11,5 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя для свердління за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 11,5}{3,14 \cdot 4,2} = 872 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата:  $n_d = 850 \text{ об/хв}$ .

Дійсну швидкість різання для свердління розраховуємо за формулою (1.31):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 4,2 \cdot 850}{1000} = 11,2 \text{ м/хв}$$

Подача для фрезерування згідно формул (1.26), (1.27):

де  $S_{\text{зтабл}}$  – табличне значення подачі,  $S_{\text{зтабл}} = 0,025 \text{ мм/зуб}$  [6].

$K_{S\pi}$  – коефіцієнт, що враховує вид оброблюваної поверхні,  $K_{S\pi} = 1,0$  [6];

$K_{Si}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал різальної частини інструменту,  $K_{Si} = 1,0$  [6];

$K_{S\phi}$  – коефіцієнт, враховує форму оброблюваної поверхні,  $K_{S\phi} = 1,0$  [6];

$$S_p = 0,025 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,025 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання для фрезерування по формулі (1.28), (1.29):

де  $V_{\text{табл}}$  – табличне значення швидкості,  $V_{\text{табл}} = 47 \text{ м/хв}$  [6].

$K_{VM}$  – коефіцієнт оброблюваності матеріалу,  $K_{VM} = 1,0$  [6];

$K_{VII}$  – коефіцієнт, враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту,  $K_{VII} = 1,0$  [6];

$K_{V\phi}$  – коефіцієнт, враховує вид обробки,  $K_{V\phi} = 1,0$  [6];

$K_{VT}$  – коефіцієнт, враховує жорсткість деталі,  $K_{VT} = 0,57$  [6];

$K_{vж}$  – коефіцієнт, враховує стан поверхні заготовки,  $K_{vж} = 1,13$  [6];

$K_{vo}$  – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОТС,  $K_{vo} = 1,0$  [6];

$$V_p = 47 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 = 30 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 30}{3,14 \cdot 10} = 868 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату:  $n=850$  об/хв.

Дійсна швидкість різання для фрезерування за формулою (1.31):

$$V_o = \frac{3,14 \cdot 850 \cdot 10}{1000} = 26 \text{ м/хв}$$

Визначення хвилинної подачі фрези (1.41):

$$S_m = 0,025 \cdot 850 \cdot 4 = 85 \text{ мм/хв}$$

Вибираємо значення:  $S_m = 80$  мм/хв

Визначення машинного часу (1.42):

$$l_{1св} = \frac{D_{св}}{2 \operatorname{tg} 60}, \text{ мм} \quad (1.45)$$

$$l_{1св} = \frac{4,2}{2 \operatorname{tg} 60} = 1,2 \text{ мм};$$

$$l_{1\phi p} = 0,5 \cdot 10 \cdot \sin(\arccos(1 - \frac{2 \cdot 2,3}{10})) = 6 \text{ мм}$$

$$t_o = \frac{1,2+5+2}{0,05 \cdot 850} \cdot 6 + \frac{6+5,1+11+6}{80} \cdot 3 + \frac{1,6+6+6}{80} = 2,4 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.34), (1.35):

де  $t_{\text{вст}}$  – час на встановлення та зняття деталі,  $t_{\text{вст}} = 0,4$  хв [8];

$t_{\text{мд}}$  – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь,  $t_{\text{мд}} = 0,4$  хв [8];

$t_{\text{вим}}$  – час на,  $t_{\text{вим}} = 0,2$  хв [8];

$K_n$  – періодичність,  $K_n = 0,5$  [8].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,5 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,4 + 0,1 = 0,9 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.36):

$$t_{\text{оп}} = 2,4 + 0,9 = 3,3 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.37):

де  $\alpha$  – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби,  $\alpha = 10\%$  [8].

$$t_{\text{дод}} = 3,3 \cdot 0,1 = 0,3 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.38):

$$t_{\text{шт}} = 3,3 + 0,3 = 3,6 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.39):

де  $t_{\text{пз1}}$  – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни,  $t_{\text{пз1}} = 12$  хв [8];

$t_{\text{пз2}}$  – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс,  $t_{\text{пз2}} = 13$  хв [8];

$$t_{\text{пз}} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{шт-к} = 3,6 + \frac{25}{60} = 4,01 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.7, а норм часу в таблиці 1.8.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку режимів різання

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання $t$ , мм	кількість проходів $i$	подача $S$ , мм/об	швидкість різання $V$ , м/хв	частота обертів шпинделя $n$ , об/хв
015 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,3	113	400
	02	1	2	0,3	113	400
020 Токарна з ЧПК	01	1	2	0,3	113	400
	02	1	2	0,3	105	500
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	130	400
	02	0,5	2	0,1	150	400
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	150	400
	02	0,5	2	0,1	150	400
035 Фрезерна з ЧПК	01	2,3	6	120	25	200
040 Фрезерна з ЧПК	01	2,1	6	0,05	11,2	850
	02	2,3	3	80 мм/хв	26	850
	03	1,8	1	80 мм/хв	26	850
045 Фрезерна з ЧПК	01	2,1	6	0,05	11,2	850
	02	2,3	3	80 мм/хв	26	850
	03	1,8	1	80 мм/хв	26	850
050 Фрезерна з ЧПК	01	0,5	2	50 мм/хв	23	50
055 Фрезерна з ЧПК	01	2,2	1	50 мм/хв	25	500
065 Внутрішньошліфувальна	01	0,2	1	0,0025/5	47/40	100/10000
070 Внутрішньошліфувальна	01	0,2	1	0,0025/5	47/40	100/10000

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця норм часу

Номер та назва операції	$t_0$ , хв	$t_{доп}$ , хв	$t_{дод}$ , хв	$t_{шт}$ , хв	$t_{пз}$ , хв	$t_{шт-к}$ , хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	8	1,2	0,92	10,12	27	10,57
020 Токарна з ЧПК	0,86	1,2	0,20	2,26	27	2,71
025 Токарна з ЧПК	12	1,2	1,32	14,52	27	14,97
030 Токарна з ЧПК	5	1,2	0,62	6,82	27	7,27
035 Фрезерна з ЧПК	8,9	0,9	0,90	10,70	25	11,11

Продовження таблиці 1.8

1	2	3	4	5	6	7
040 Фрезерна з ЧПК	2,4	0,9	0,30	3,60	25	4,01
045 Фрезерна з ЧПК	2,4	0,9	0,33	3,63	25	4,05
050 Фрезерна з ЧПК	1,5	0,9	0,24	2,64	25	3,06
055 Фрезерна з ЧПК	8	0,9	0,89	9,79	25	10,21
065 Внутрішньошліфувальна	3,5	1,3	0,48	5,28	22	5,65
070 Внутрішньошліфувальна	3,5	0,6	0,41	4,51	22	4,88

### 1.7 Розробка керуючої програми на фрезерну операцію з ЧПК

На фрезерну операцію з ЧПК №040 керуючу програму (КП) розробимо за допомогою програми NX CAM. Перед початком розробки КП було створено в модулі CAD моделі деталі на попередній та поточній операціях (рис. 1.7). В програмі створено інструмент (рис. 1.8), визначена система координат та заготовка.

Створено два переходи обробки: фрезерування двох пазів, свердління шести отворів  $\varnothing 4,2$ . Після завдання режимів різання було згенеровано траєкторії руху інструментів (рис. 1.9).

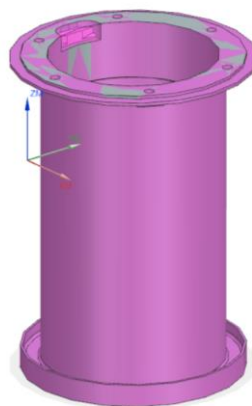


Рисунок 1.7 – Створення моделей

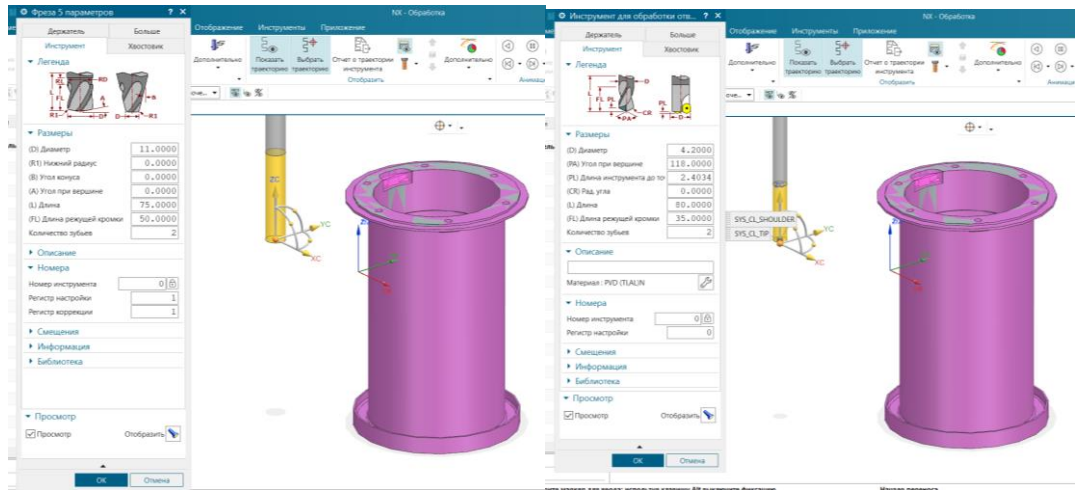


Рисунок 1.8 – Инструмент

Для проверки траекторий было проведено симуляцию обработки (рис. 1.10).

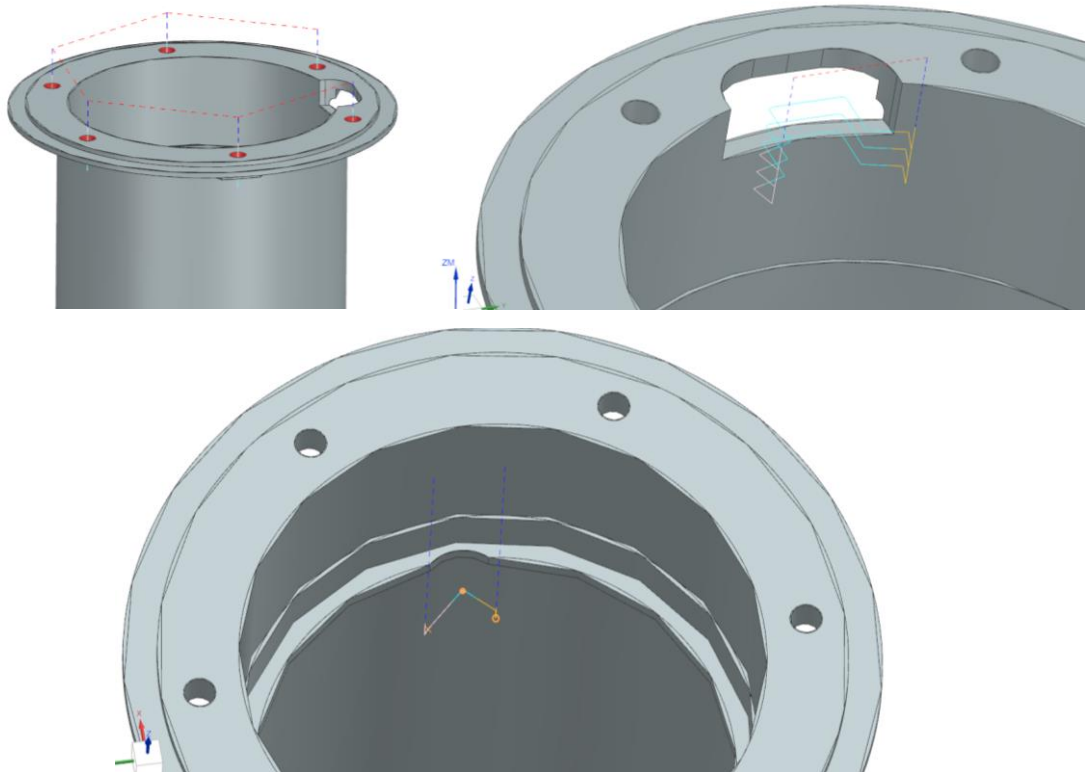


Рисунок 1.9 – Траектория ruchu інструментів

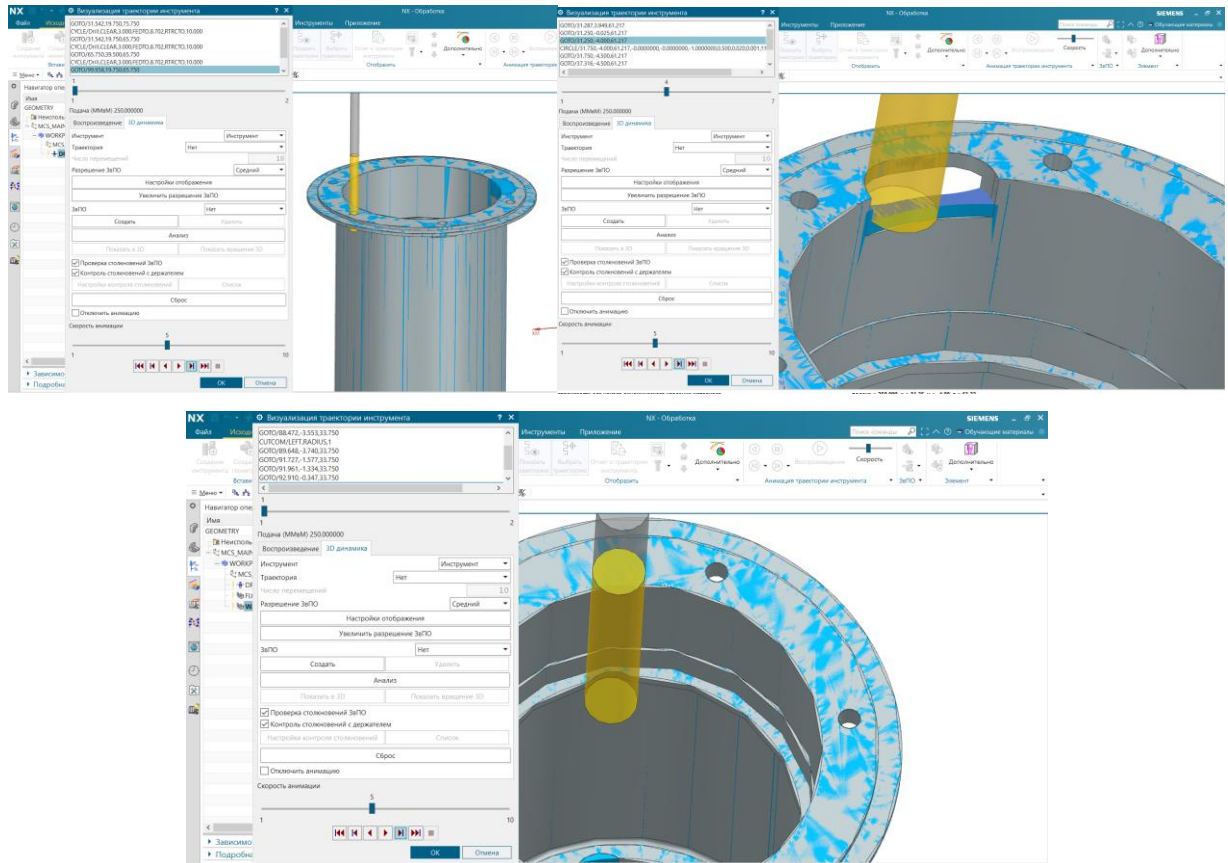


Рисунок 1.10 – Симуляція обробки

## 2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 2.1 Проектування робочого пристосування

#### 2.1.1 Конструкція та принцип роботи

Для обробки деталі «Корпус ротора» було розроблено робоче пристосування (рис. 2.1), яке призначено для базування та закріплення деталі під час фрезерування. Оброблювана деталь встановлюється в робоче пристосування по отвору на оправку 3, закріплену на корпусі 1. Центрується по діаметру  $\varnothing 67,9$  і впирається в торець. Зверху одягається прижимна кришка 2 та розрізна шайба 12. В пневмоциліндр, встановлений у корпусі 1, надходить повітря під тиском, яке рухає поршень 5 та закріплює деталь. Після закінчення обробки поршень 5 пневмоциліндра переміщується вгору, знімають розрізну шайбу, прижимну кришку та деталь.

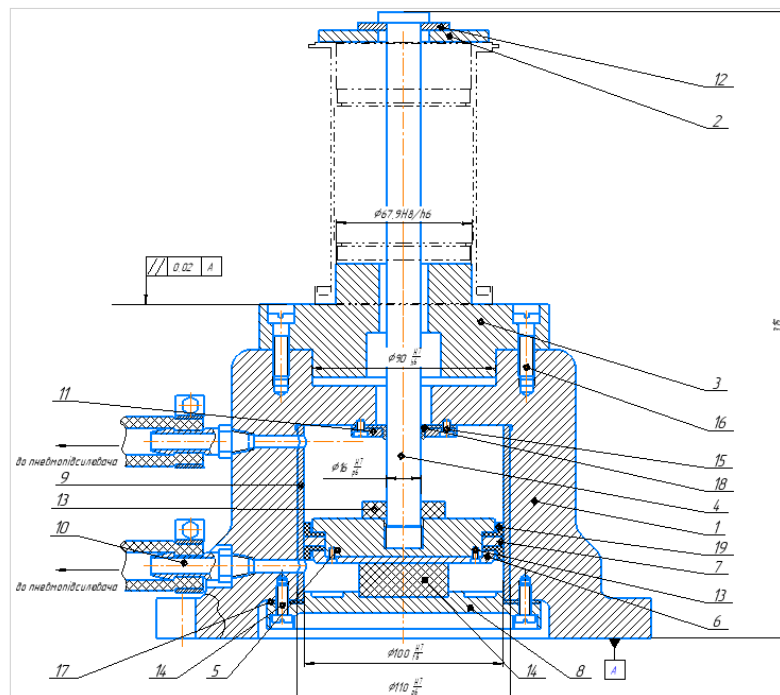


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

### 2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і розраховується за формулою [9]:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2} \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon_{\text{баз}}$  – похибка базування;

$\varepsilon_{\text{закр}}$  – похибка закріплення.

Деталь встановлюється по отвору  $\varnothing 67,9^{+0,046}$  (рис. 2.2).

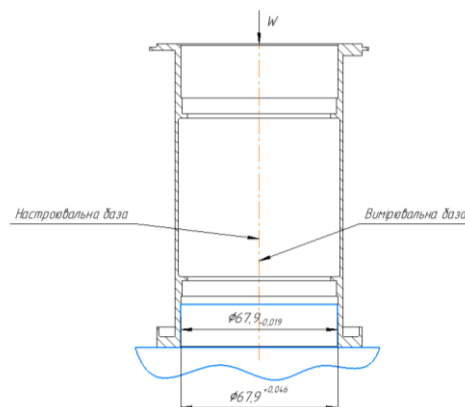


Рисунок 2.2 – Схема установки

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} / 2 \quad (2.2)$$

де  $S_{\text{max}}$  – максимальний зазор у з'єднанні.

$$S_{\text{max}} = D_{\text{max}} - d_{\text{min}} \quad (2.3)$$

де  $D_{\text{max}}$ ,  $d_{\text{min}}$  – конструктивні розміри.

$$S_{\text{max}} = 67,946 - 67,881 = 0,065 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,065 / 2 = 0,033 \text{ мм}$$

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення. Так як напрямок розміру обробки та сили закріплення взаємоперпендикулярні, то похибка закріплення дорівнює нулю.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,033^2 + 0} = 0,033\text{мм}$$

### 2.1.3 Розрахунок необхідної сили затискання деталі у пристосуванні

Ефективність затиску багато в чому залежить від напрямку та місця застосування сили. Схема розрахунку сили затиску представлена на рис. 2.3.

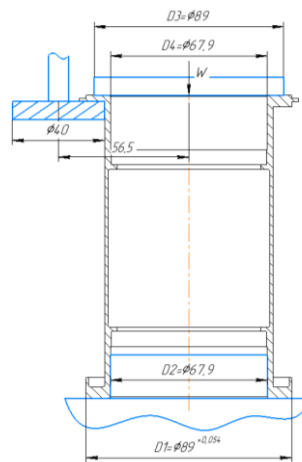


Рисунок 2.3 – Схема визначення сили закріплення [9]

Дійсна сила затиску дорівнює [10]:

$$W_{\text{д}} = \frac{3 \cdot M_{\text{кр}} \cdot \kappa}{f \left[ \left( \frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left( \frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]} \quad (2.4)$$

де  $D_3$ ,  $D_4$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  – конструктивні розміри.

$f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,15$ ;

$k$  – коефіцієнта запасу, що визначається залежно від умов обробки;

$M_{кр}$  – крутний момент, Н·м;

$$M_{кр} = P_z \cdot L \quad (2.5)$$

$$P_z = 10 C_p t^x S^y z K_p / (D^q n^w) \quad (2.6)$$

де  $C_p, q, y, K_p$  – коефіцієнти сили різання.

$$P_z = 10 \cdot 68,2 \cdot 2,3^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 30 \cdot 1,05 / (40^{0,86} \cdot 100^0) = 108,7 \text{ Н}$$

$$M_{кр} = 108,7 \cdot 0,0365 = 3,9 \text{ Н·м}$$

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.7)$$

де  $k_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_0 = 1,5$  [10];

$k_1$  – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці,  $k_1 = 1$  [10];

$k_2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту,  $k_2 = 1,15$  [10].

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання,  $k_3 = 1$  [10];

$k_4$  – коефіцієнт, що враховує непостійність сил затиску, що розвиваються приводами,  $k_4 = 1$  [10];

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток,  $k_5 = 1$  [10];

$k_6$  – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту,  $k_6 = 1,5$  [10].

$$k = 1,15 \cdot 1,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 2,58.$$

$$W_d = \frac{3 \cdot 2,58 \cdot 3,9}{0,15 \left[ \left( \frac{0,089^3 - 0,0679^3}{0,089^2 - 0,0679^2} \right) + \left( \frac{0,089^3 - 0,0679^3}{0,089^2 - 0,0679^2} \right) \right]} = 1006 \text{ Н}$$

Мінімальний діаметр штока [9]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot W}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.8)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт затягування,  $\alpha = 2,25$  [9];

$[\sigma]$  – допустиме напруження на розтяг для сталі 40Х,  $[\sigma] = 100$  МПа [1].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1006}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,005 \text{ м} \quad (2.9)$$

Приймаємо діаметр штоку 16 мм.

Діаметр циліндра [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (2.10)$$

де  $\eta = 0,85 \dots 0,9$  – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя [9].

$p = 0,4 \dots 0,6$  МПа – тиск в пневмосистемі [9];

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1006}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,85} + 0,016^2} = 0,052 \text{ м}$$

Приймаємо діаметр поршня 100 мм.

## 2.2 Проектування контрольного пристосування

### 2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Під час контролю перевіряють паралельність фланцю 0,05 мм відносно бази А. Деталь в контрольному пристосуванні (рис. 2.4) базується по фланцю (база А). На пристосуванні встановлено штангу з індикаторним годинником. Ніжка індикаторного годинника встановлюється на вимірювальний фланець. Вимірювання паралельності проводиться індикаторним годинником шляхом переміщення фланцю деталі.

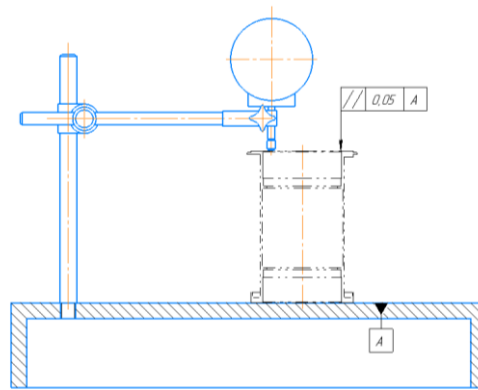


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

### 2.3 Розрахунок деталі на міцність

Деталь «Корпус ротора» на міцність перевіримо за допомогою програми NX CAE.

Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.10)$$

де  $[\sigma]$  – допустиме значення границі міцності сталі 20,  $[\sigma]=410$  МПа [1];

$\sigma_{max}$  – максимальні розрахункові напруження.

Для деталі «Корпус ротора» (рис. 2.5) небезпечними місцями є кути переходу від циліндричних шийок до фланців. Під час експлуатації фланці закріплюються та через них передається крутний момент 200 Нм.

Перед розрахунком деталь було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.6) та накладені обмеження (рис. 2.7), тобто закріплення і крутний момент.

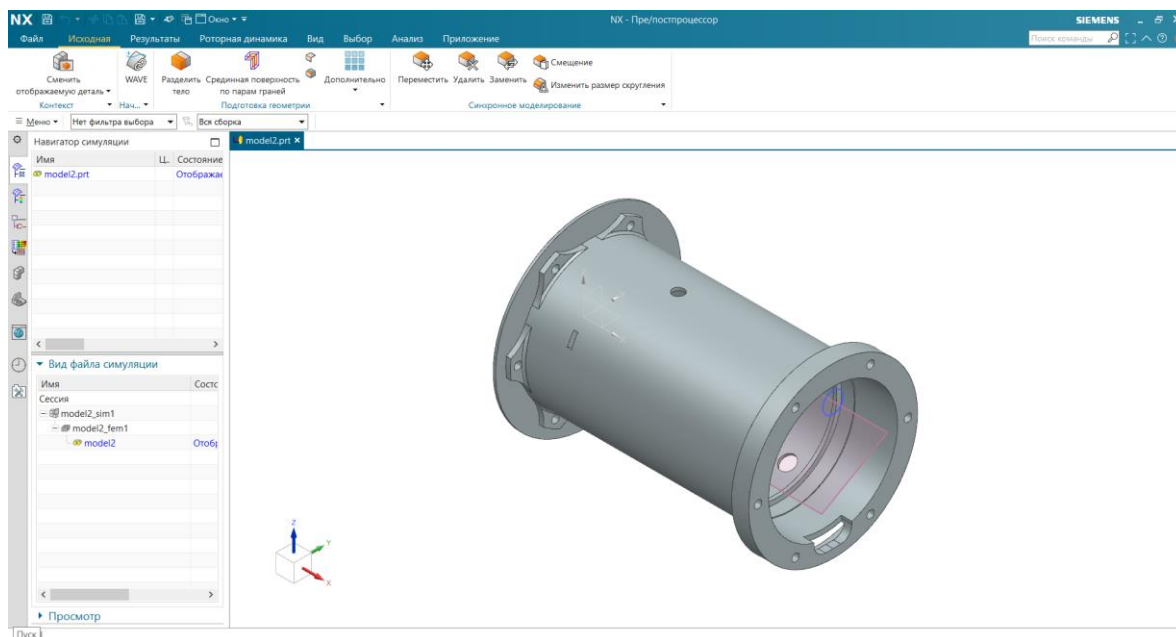


Рисунок 2.5 – Модель деталі

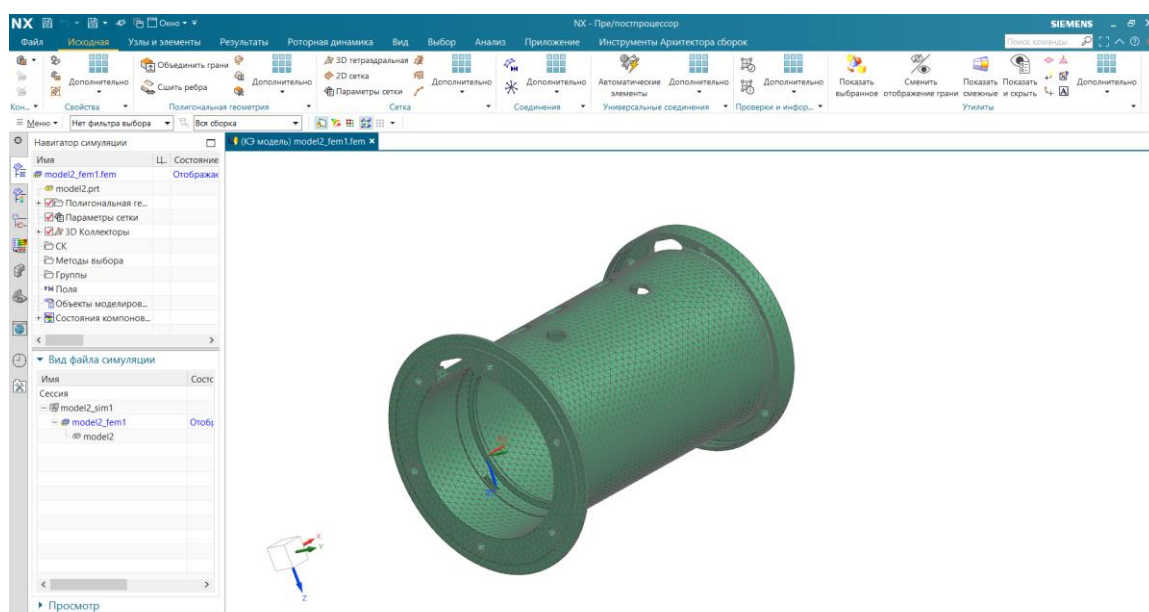


Рисунок 2.6 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

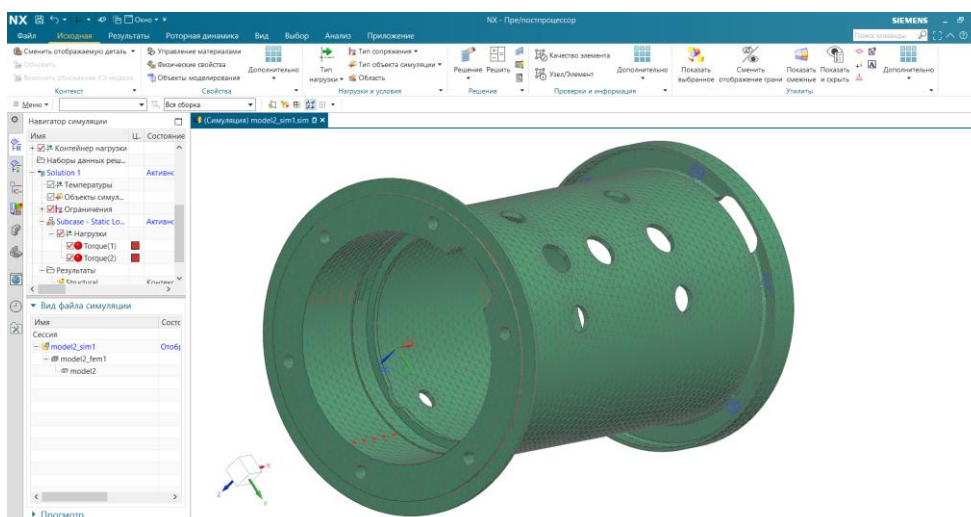


Рисунок 2.7 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Після розрахунку деталі на міцність було отримано картину розподілення і діаграму напружено-деформованого стану (рис. 2.8). Максимальне значення напруження виявилось на переході циліндричної шийки та фланцю напроти пазу – 258,19 МПа.

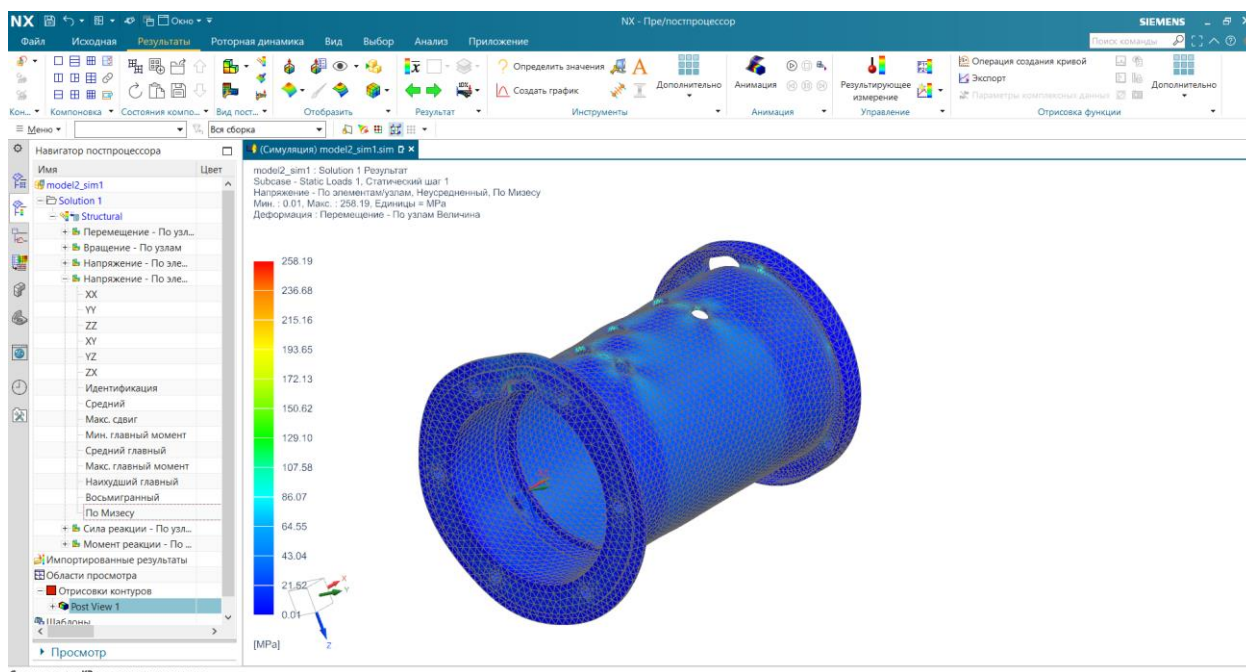


Рисунок 2.8 – Розподіл напружень

По отриманому максимальному значенню напруження зробимо перевірку коефіцієнту запасу міцності згідно формули (2.10):

$$k = \frac{410}{258,19} = 1,6$$

Запас міцності деталі «Корпус ротора» у 1,6 рази більше допустимого значення, тому конструкцію деталі можна вважати прийнятими.

### 3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

При вдосконаленні ТП виготовлення деталі «Перехідник» було розроблено планування дільниці. Для цього було розраховано річну верстатоемність для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{ш-к_j} \cdot N \quad (3.1)$$

Результати розрахунку за формулою (3.1) приведено в таблиці 3.1.

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

$$S_{pj} = \frac{\sum_{j=1} t_{ш-к_j} \cdot N_j}{F_g \cdot m \cdot 60} \quad (3.2)$$

де  $F_g \cdot m$  – фонд часу роботи верстата за рік.

Результати розрахунку за формулою (3.2) приведено в таблиці 3.1.

Значення розрахункової кількості верстатів ( $S_p$ ) округлюємо до більшого цілого значення і приймаємо його ( $S_n$ ) для подальших розрахунків.

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

$$K_{3j} = \frac{S_p}{S_n} \quad (3.3)$$

Результати розрахунку за формулою (3.3) приведено в таблиці 3.1.

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\overline{K_3} = \frac{\sum S_p}{\sum S_n} \quad (3.4)$$

$$\overline{K_3} = \frac{1,64}{11} = 0,15$$

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку необхідної кількості технологічного обладнання та його завантаження

Параметри	Номер операції										
	015	020	025	030	035	040	045	050	055	065	070
	Модель верстата										
	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS VF-1	HAAS VF-1	HAAS VF-1	HAAS VF-1	HAAS EC-1600	STUDER CT 450	STUDER CT 450
$t_{u-k}$	10,57	2,71	14,97	7,27	11,11	4,01	4,05	3,06	10,21	5,65	4,88
$T$	52850	13550	74850	36350	55550	20050	20250	15300	51050	28250	24400
$S_P$	0,22	0,06	0,31	0,15	0,23	0,08	0,08	0,06	0,21	0,12	0,10
$S_n$	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$K_3$	0,22	0,06	0,31	0,15	0,23	0,08	0,08	0,06	0,21	0,12	0,10

Розраховуємо кількість детале-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Корпус ротора»:  $O=11$  детале-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...030). Максимальне значення основного часу буде на операції 025 – 12 хв.

Розрахуємо кількість верстатів, яка може обслужити один оператор, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{o \max} + t_{\text{доп}}}{t_{\text{доп}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.5)$$

де  $t_{o \max}$  – максимальний основний час на верстатах, об'єднаних в багатOVERстатну зону обслуговування, хв;

$t_{\text{пер}}=0,15$  хв – час на перехід від верстата до верстата.

$$m_s = \frac{12 + 1,2}{1,3 + 0,15} = 9,1$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

$$R_j = \frac{\sum S_n}{m_{s_j}} \quad (3.6)$$

$$R_1 = \frac{4}{9,1} = 0,44$$

Згідно розрахунків призначаємо для роботи на 4 верстатах одного оператора. Таким чином, для обслуговування 11 верстатів необхідно 8 робочих операторів.

Через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,15), то ділянку виробництва деталей «Корпус ротора» необхідно завантажити типовими деталями до рівня  $\overline{K_3} > 0,85$ .

## 4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці ТП виготовлення деталі «Корпус ротора» було оцінено очікувану економічну ефективність заходів за рахунок порівняння обробки на універсальних токарно-гвинторізних з обробкою на токарних верстатах з ЧПК згідно таблиці 4.1. Оцінку очікуваної економічної ефективності заходів виконано згідно [11].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Перша технологія					Друга технологія			
	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10	HAAS ST10
Модель верстата									
Штучний час $t_{шт}$ , хв	25	20	20	15	12	10,12	2,26	14,52	6,82
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	4	4	4	4
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	76,6	76,6	76,6	76,6	57,5	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін $m$	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата $F$ , грн	320000					2800000			
Число верстатів, $C_p$	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизацій-них відрахувань $H_a$ , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів $N$ , кВт	11	11	11	11	11	11,2	11,2	11,2	11,2

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі [11]:

$$Z_0 = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_б \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (4.1)$$

де  $m_{on}$  – кількість операцій у технологічному процесі;

$t_{umi}$  – норма штучного часу виконання  $i$ -ої операції, год;

$C_{тар}$  – годинна тарифна ставка виробничого робітника на операції, грн/год;

$K_б=0,39$  – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатостатному обслуговуванні;

$k_{доп.} = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує додаткову заробітну плату;

$k_{соц} = 1,4$  – коефіцієнт, що враховує страхові внески.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за першою технологією

№	Найменування операції	$t_{шт}$ , хв	$C_{тар}$ , грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$Z_o$ , грн
010	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
015	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
020	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
025	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
030	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
					$\Sigma$	197,32

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [11]:

$$Z_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{тар} \cdot Ч_n \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{N} \quad (4.2)$$

де  $C_{тар.н}$  – годинна тарифна ставка, грн;

$Ч_n$  – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

$\Phi_p = 2096$  год – річний фонд часу одного.

$m_{on}$  – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за другою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$ , хв	$C_{тар}$ , грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$Z_o$ , грн
015	Токарна	10,12	57,5	1,2	1,4	16,29
020	Токарна	2,25	57,5	1,2	1,4	3,62
025	Токарна	14,52	57,5	1,2	1,4	23,38
030	Токарна	6,82	57,5	1,2	1,4	10,98
					$\Sigma$	54,27

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	$\Phi_p$ , хв	$C_{тар}$ , грн	$Ч_n$	$k_{доп}$	$k_{соц}$	$Z_o$ , грн
015	Токарна	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16	57,7
020	Токарна	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16	57,7
025	Токарна	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16	57,7
030	Токарна	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16	57,7
							40,64

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою [11]:

$$A_{від} = \sum_{i=1}^{m_{оп}} \frac{K_i \cdot H_{ai} \cdot t_{шт-ki}}{100 \cdot F_d \cdot 60} \quad (4.3)$$

де  $K_i$  – первісна вартість обладнання на  $i$ -ої операції, грн;

$H_{ai}$  – річна норма амортизаційних відрахувань на обладнання на  $i$ -ої операції, %.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою [11]:

$$S_{ін} = \sum_{i=1}^{m_{оп}} \sum_{j=1}^{n_{ін}} \frac{C_{інij} \cdot t_{штij} \cdot \eta_m}{T_{ij} \cdot (n_j + 1)} \quad (4.4)$$

де  $C_{інij}$  – ціна інструменту  $j$ -го виду на  $i$ -ої операції, грн/шт;

$t_{штij}$  – штучний час роботи  $j$ -го інструменту на  $i$ -ої операції, хв;

$\eta_m$  – коефіцієнт машинного часу, що визначається як відношення  $t_{маш}/t_{шт}$ ;

$T_{ij}$  – період стійкості інструменту  $j$ -го виду на  $i$ -ої операції, хв;

$n_{in}$  – номенклатура інструментів на  $i$ -ої операції;

$n_j$  – число переточок інструменту  $j$ -го виду до повного зношування або кількість ріжучих граней інструменту.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за першою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$ , хв	К, грн	На, %	$F_d$	$A_{від}$ , грн
010	Токарна	25	320000	14,2	4015	4,72
015	Токарна	20	320000	14,2	4015	3,77
020	Токарна	20	320000	14,2	4015	3,77
025	Токарна	15	320000	14,2	4015	2,83
030	Токарна	12	320000	14,2	4015	2,26
					$\Sigma$	17,35

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за другою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$ , хв	К, грн	На, %	$F_d$	$A_{від}$ , грн
015	Токарна	10,12	2800000	12,2	4015	11,34
020	Токарна	2,25	2800000	12,2	4015	1,22
025	Токарна	14,52	2800000	12,2	4015	17,02
030	Токарна	6,82	2800000	12,2	4015	7,09
					$\Sigma$	36,67

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за першою технологією

№ опер	Найменування операції	t <sub>шт</sub> , хв	Найменування інструменту	Ц <sub>i</sub> грн	n <sub>ін</sub>	T, хв	n <sub>j</sub>	η <sub>мi</sub>	S <sub>ін</sub> грн
010	Токарна	25	Різець підр.	250	2	60	15	0,4	1,56
			Різець розточн	200	2	60	15	0,4	0,83
015	Токарна	20	Різець. прохід.	150	2	60	15	0,4	0,63
			Різець розточн	200	1	45	20	0,4	0,85
020	Токарна	20	Різець. прохід.	350	2	60	15	0,4	1,46
			Різець розточн	300	1	45	20	0,4	1,27
025	Токарна	15	Різець. прохід.	200	2	60	15	0,4	0,42
			Різець розточн	250	2	60	20	0,4	0,79
030	Токарна	12	Різець. прохід.	150	1	45	15	0,4	0,58
			Різець. розточ.	150	1	60	12	0,4	0,38
								Σ	8,77

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за другою технологією

№ опер	Найменування операції	t <sub>шт</sub> , хв	Найменування інструменту	Ц <sub>i</sub> грн	n <sub>ін</sub>	T, хв	n <sub>j</sub>	η <sub>мi</sub>	S <sub>ін</sub> грн
015	Токарна	10,12	Різець розточн	250	2	60	15	0,4	0,42
			Різець. прохід.	200	2	60	15	0,4	0,33
020	Токарна	2,25	Різець розточн	150	2	60	15	0,4	0,03
			Різець. прохід.	200	1	45	20	0,4	0,03
025	Токарна	14,52	Різець розточн	350	2	60	15	0,4	0,88
			Різець. прохід.	300	1	45	20	0,4	0,76
030	Токарна	6,82	Різець. прохід.	200	2	60	15	0,4	0,17
			Різець розточн	250	2	60	20	0,4	0,24
								Σ	2,85

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [11]:

$$S_e = \frac{N_B \cdot k_N \cdot k_q \cdot k_{од} \cdot k_w \cdot t_{шт-к}}{\eta \cdot k_B \cdot 60} \cdot C_e \quad (4.5)$$

де  $N_B$  – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;



Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [11]:

$$S_p = \frac{Ц_{то} \cdot K_p \cdot C_p}{N} \quad (4.6)$$

де  $Ц_{то}$  – залишкова вартість обладнання, грн

$K_p = 0,02$  – коефіцієнт відрахувань до ремонтного фонду.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.12, 4.13.

Таблиця 4.11 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за першою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц <sub>то</sub> , грн	K <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	S <sub>p</sub> , грн
010	Токарна	320000	0,02	0,64	0,82
015	Токарна	320000	0,02	0,64	0,82
020	Токарна	320000	0,02	0,64	0,82
025	Токарна	320000	0,02	0,64	0,82
030	Токарна	320000	0,02	0,64	0,82
				Σ	4,1

Таблиця 4.12 – Витрати на ремонт та обслуговування обладнання за другою технологією

№ опер	Найменування операції	Ц <sub>то</sub> , грн	K <sub>p</sub>	C <sub>p</sub>	S <sub>p</sub> , грн
015	Токарна	2800000	0,02	0,78	8,74
020	Токарна	2800000	0,02	0,78	8,74
025	Токарна	2800000	0,02	0,78	8,74
030	Токарна	2800000	0,02	0,78	8,74
				Σ	34,94

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули [11]:

$$S_H = \frac{\varphi \cdot C_{ГН} \cdot t_{ин} \cdot t_o \cdot K_T}{T_M \cdot m \cdot 60} \quad (4.7)$$

де  $\varphi = 1,3$  – коефіцієнт, що враховує випадковий спад та поломки інструменту;

$C_{ГН}$  – середньогодинна заробітна плата наладчиків, грн./год;

$t_{ин}$  – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ( $t_{ин} = 4$  хв – для токарних верстатів з ЧПК;  $t_{ин} = 5$  хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп). Якщо налаштування інструментів поза верстатом не проводиться,  $t_{ин} = 0$ ; у разі використання на операції кількох ріжучих інструментів, що налаштовуються поза верстатом, розрахунок для кожного інструменту повторюється і результати складаються.

$t_o$  – основний час роботи інструменту на операції, хв;

$K_m$  – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі;

$T_M$  – середня стійкість інструменту, хв.;

$m$  – число граней ріжучої пластини, що не переточується, з механічним кріпленням, шт.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	$t_o$ , хв	$C_{ГН}$ , грн/год	$n_i$	$t_{ин}$ , хв	$K_T$	$T_M$	$m$	$S_H$ грн
015	Токарна	Різець розточн	10,12	50,9	6	4	0,9	180	2	0,04
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	120	1	0,13
020	Токарна	Різець розточн	2,25	50,9	6	4	0,9	180	2	0,00
		Різець. прохід.		50,9	6	4	0,9	180	2	0,01
025	Токарна	Різець розточн	14,52	50,9	6	4	0,9	120	1	0,20
		Різець. прохід.		50,9	6	5	0,9	120	1	0,25
030	Токарна	Різець. прохід.	6,82	50,9	6	5	0,9	180	2	0,03
		Різець розточн		50,9	6	5	0,9	80	1	0,19
									$\Sigma$	0,85

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [11]:

$$I_{\text{н}} = Z_{\text{о}} \cdot k_{\text{заг}} \quad (4.8)$$

де  $k_{\text{заг}} = 0,20 \dots 0,25$  – коефіцієнт, що враховує інші загальновиробничі витрати, віднесені до заробітної плати основних виробничих робітників.

$$I_{\text{н1}} = 197,32 \cdot 0,2 = 39,46 \text{грн}$$

$$I_{\text{н2}} = 54,27 \cdot 0,2 = 10,85 \text{грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [11]:

$$C_{\text{Т}} = Z_{\text{о}} + Z_{\text{н}} + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_{\text{е}} + S_{\text{р}} + S_{\text{н}} + I_{\text{н}} \quad (4.9)$$

Узагальнені результати розрахунку технологічної собівартості обробки за двома варіантами наведено у таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Заробітна плата верстатника	$Z_{\text{о}}$	197,32	54,27
Заробітна плата наладчика	$Z_{\text{н}}$		40,64
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	17,35	36,67
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	8,77	2,85
Витрати на електроенергію	$S_{\text{е}}$	18,28	5,23
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_{\text{р}}$	4,1	34,94
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_{\text{н}}$		0,85
Витрати інші	$I_{\text{н}}$	39,46	10,85
Технологічна собівартість	$C_{\text{Т}}$	285,28	186,3

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [11]:

$$E_{ур} = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N \quad (4.10)$$

$$E_{ур} = (285,28 - 186,3) \cdot 5000 = 494900 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 494900 грн., що свідчить про ефективність запропонованої технологічної інновації.

Здійснимо розрахунок технологічної собівартості поелементним методом для випадку придбання технологічного обладнання. Зіставимо величини капітальних витрат за варіантами.

Капітальні вкладення обладнання, віднесені до одиниці продукції, визначаються за наступним рівнянням:

$$K_o = \frac{C_{об} \cdot t_{шт.к.}}{60 \cdot F_d} \quad (4.11)$$

У табл. 4.15-4.16 розраховані капітальні витрати за формулою (4.11).

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за першим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв	Ц, грн	$F_d$	$K_o$ , грн
010	Токарна	25	320000	4015	33,21
015	Токарна	20	320000	4015	26,57
020	Токарна	20	320000	4015	26,57
025	Токарна	15	320000	4015	19,93
030	Токарна	12	320000	4015	15,94
		$\Sigma$	1600000	$\Sigma$	122,21

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за другим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт}$ , хв	Ц, грн	$F_d$	$K_o$ , грн
015	Токарна	10,12	2800000	4015	117,63
020	Токарна	2,25	2800000	4015	26,15
025	Токарна	14,32	2800000	4015	166,44
030	Токарна	6,82	2800000	4015	79,27
		$\Sigma$	11200000	$\Sigma$	389,49

Оскільки капітальні витрати є суттєво різними, оцінювати ефективність варіантів ТП слід на основі мінімуму наведених витрат за формулою:

$$B_{нав} = C + E_n K, \quad (4.12)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності, показує, яка частина капітальних вкладень має окупатися за один рік. Для застосування вибирається варіант із мінімальним значенням  $B_{нав}$ .

У табл. 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Перший	Другий
Технологічна собівартість деталі	$C_T$	285,28	186,3
Капітальні витрати на деталь	$K_o$	122,21	389,49
Наведені витрати на деталь	$W_o$	407,49	575,79
Собівартість річної програми	$C_p$	1600000	11200000
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	611050	1947450
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	2037450	2878950
Річна економія (збиток), грн	$\Delta W$	-841500	

Аналіз таблиці 4.17 показує, що за першою технологією є економія.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При виконанні механічної обробки деталі типу «Корпус ротора» на верстатах з ЧПК необхідно суворо дотримуватися норм охорони праці та правил техніки безпеки для запобігання виробничим травмам і забезпечення безперебійної роботи обладнання.

Основні вимоги з охорони праці:

- 1) Підготовка до роботи:
  - Перед початком роботи оператор зобов'язаний пройти інструктаж з охорони праці та перевірку знань.
  - Робоче місце повинно бути чистим, без сторонніх предметів.
  - Необхідно використовувати спецодяг: халат або комбінезон, захисні окуляри, взуття з неслизькою підошвою.
- 2) Вимоги до обладнання:
  - Верстат з ЧПК має бути у справному стані, перевірений технічним персоналом перед початком зміни.
  - Захисні кожухи та огороження верстата повинні бути встановлені і закриті.
  - Система аварійної зупинки повинна бути працездатною.
- 3) Правила безпеки при обробці:
  - Забороняється працювати на верстаті за відсутності належного програмного забезпечення або при наявності помилок у програмі.
  - Перед пуском необхідно перевірити правильність закріплення заготовки у патроні або на столі верстата.
  - Зміна інструменту або налаштування верстата проводиться тільки при повній його зупинці та вимкненні живлення.
  - Руки та одяг повинні бути на безпечній відстані від рухомих частин.
- 4) Додаткові заходи безпеки:

- При фрезеруванні деталей необхідно уважно слідкувати за напрямком обертання фрези та режимами різання.

- При токарній обробці слід уникати використання довгих заготовок без додаткової опори задньою бабкою.

- Забороняється залишати верстат працюючим без нагляду.

- У разі виявлення несправності негайно припинити роботу і повідомити відповідальну особу.

5) Дії у разі аварійних ситуацій:

- При виникненні аварійної ситуації необхідно негайно натиснути кнопку аварійної зупинки.

- Надати першу допомогу постраждалим та викликати медичну допомогу при необхідності.

При обробці деталей типу «Корпус ротора» на внутрішшліфувальних верстатах необхідно приділяти особливу увагу питанням охорони праці та техніки безпеки через високу швидкість обертання шліфувальних кругів і наявність дрібнодисперсного пилу.

Основні вимоги з охорони праці:

1) Підготовка робочого місця:

- Оператор зобов'язаний пройти інструктаж і медичний огляд.
- Робоча зона має бути чистою, добре освітленою і обладнаною вентиляційною системою для видалення шліфувального пилу.

- Використання спецодягу обов'язкове: захисні окуляри, пилозахисна маска або респіратор, щільні рукавички.

2) Перевірка обладнання:

- Перед початком роботи слід перевірити стан шліфувального круга на наявність тріщин та інших пошкоджень.

- Перевірити справність захисних кожухів, правильність балансування шліфувального круга та справність системи аварійної зупинки.

- Упевнитися в правильності закріплення заготовки у патроні або пристосуванні.

3) Правила безпеки під час роботи:

- Шліфувальний круг потрібно запускати на холостому ході протягом 1–2 хвилин перед початком обробки для перевірки його стану.
- Забороняється торкатися обертового круга руками або будь-якими предметами.
- Під час роботи тримати голову і руки на безпечній відстані від обертових частин.
- Заборонено працювати при наявності сторонніх вібрацій або сторонніх шумів.
- При обробці внутрішніх отворів слід уникати надмірного тиску на круг для запобігання його руйнуванню.

4) Додаткові заходи безпеки:

- Регулярно очищати верстат від пилу та відходів шліфування, вимикаючи його перед цим.
- Під час шліфування використовувати систему зрошення або пиловидалення для зменшення кількості пилу.
- Не залишати працюючий верстат без нагляду.
- У випадку поломки шліфувального круга негайно зупинити верстат і повідомити керівника.

5) Дії у разі аварії:

- Натиснути кнопку аварійної зупинки.
- Відповідно до характеру інциденту надати першу допомогу і викликати кваліфіковану допомогу.

## ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процес виготовлення корпусу ротора. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки литтям в оболонковій формі, розраховано масу заготовки 2,4 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,25. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки становив 21500 грн.

Був розроблений маршрут виготовлення деталі, який містив обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення.

Для фрезерної операції з ЧПК була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано пристосування для фрезерування виборок. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний пневмоциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю паралельності фланців.

Розроблено планування дільниці з виробництва деталі «Корпус ротора». Було визначено кількість технологічного обладнання – 11 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 8 чоловік.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сталь 20 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://steelgroup.com.ua/chornyj-metal/20/> (дата звернення: 15.05.2025). – Назва з екрана.
2. Богуслаєв В.О. Основи технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания при нормировании работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть 2. Нормативы режимов резания. – М. : Экономика, 1990. – 472с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.
7. Справочник нормировщика машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.
8. Богуслаєв В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаєв, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.
9. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності

131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2023 – 43 с.

10. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге 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.

ДОДАТОК А  
Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документация</u>						
			НУЗП 293226.003	Складальне креслення		
<u>Детали</u>						
			1	Корпус	1	
			2	Прижимна кришка	1	
			3	Опрака	1	
			4	Шток	1	
			5	Поршень	1	
			6	Кришка	1	
			7	Кільце	1	
			8	Кришка	1	
			9	Стакан	1	
			10	Штуцер	2	
			11	Кришка	1	
			12	Шайба розрізна	1	
			13	Демпфер	1	
			14	Демпфер	1	
<u>Стандартные изделия</u>						
			15	Гвинт М6х12 ГОСТ 1491-80	4	
НУЗП 293226.003						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разработ.		Шарков				
Проб.		Степанов				
Исполн.		Дядя				
Утв.		Дядя				
Пристосування				Лист	Лист	Листов
					1	2
				НУЗП М-111		



ДОДАТОК Б  
Технологічні карти





Додл.														
Взам.														
Подл.														

НУЗП 0214.125003 Листів 3 Лист 3

НУЗП

НУЗП 713654.003

М-111.1014.1.00001

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код найменування операції	Позначення документа										
						СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
Б	Код найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
А 01				065	4132 Внутрішньошліфувальна						ЮП №006					
Б 02	381311				Внутрішньошліфувальний з ЧПК STUDER CT 450	2	19630	5	2	1	1	шт	60	1	22	5,28
03																
А 04				070	4132 Внутрішньошліфувальна						ЮП №006					
Б 05	381311				Внутрішньошліфувальний з ЧПК STUDER CT 450	2	19630	5	2	1	1	шт	60	1	22	4,51
06																
А 07				075	0125 Мийна						ЮП №007					
Б 08	514230				Мийна установка	2	11629	5	2	1	1	шт	60	1		
09																
А 10				080	0200 Контрольна						ЮП №008					
Б 11	XXXXXX				Контрольний стіл	2	13063	5	2	1	1	шт	60	1		
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
МК																

Цюбл.			
Взам			
Ориг.			

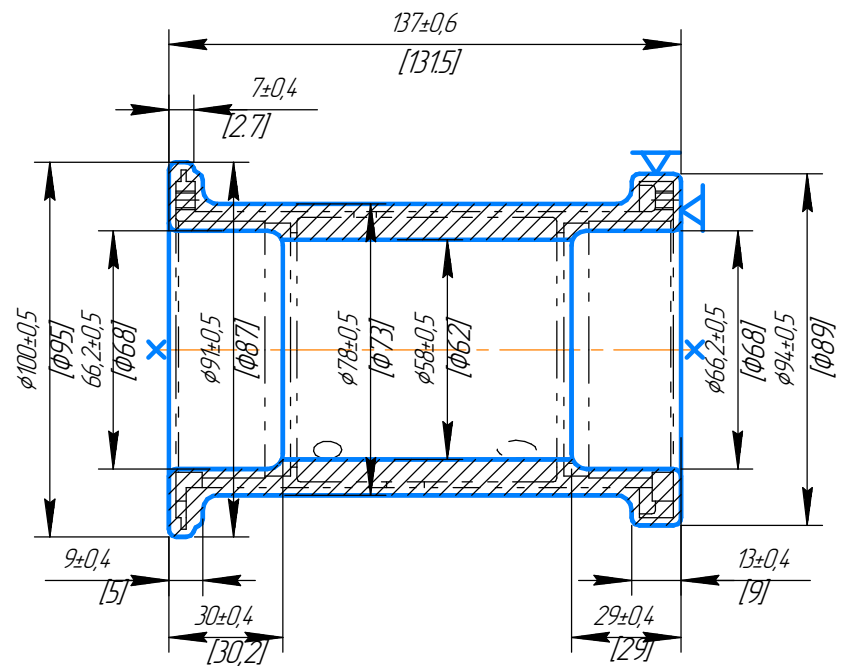
Гл.технолог  
Нач. БПМ

Форма 170-162

Розроб.	Щарков				НУЗП	НУЗП 713654.003			М-111.2014.1.00005
Перевір.	Степанов								
Н.контр.	Дядя								005

Корпус ротора

$\sqrt{Ra20}$



Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір	
Сталь 20		Відливка	φ94x137	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ДСТУ 7809:2015			290...340 НВ	0,6
Сортамент		Допустима кривизна		КВМ
				0,25
Розмір вихідного матеріалу	Кільк. із заг.	Норма розходу		
		Розм. листа, прутка	Маса	
				2,4

1. Заготовка - виливок за ГОСТ 26645-85. Група контролю по ОСТ 190074-72.
2. Клас точності - 4, група складності - 2.
3. Невказані радіуси заокруглення 2...5 мм.
4. Невказані нахили - 1.
5. Дефекти: раковини, забоїни не більше 0,5 допуску на обробку°.

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

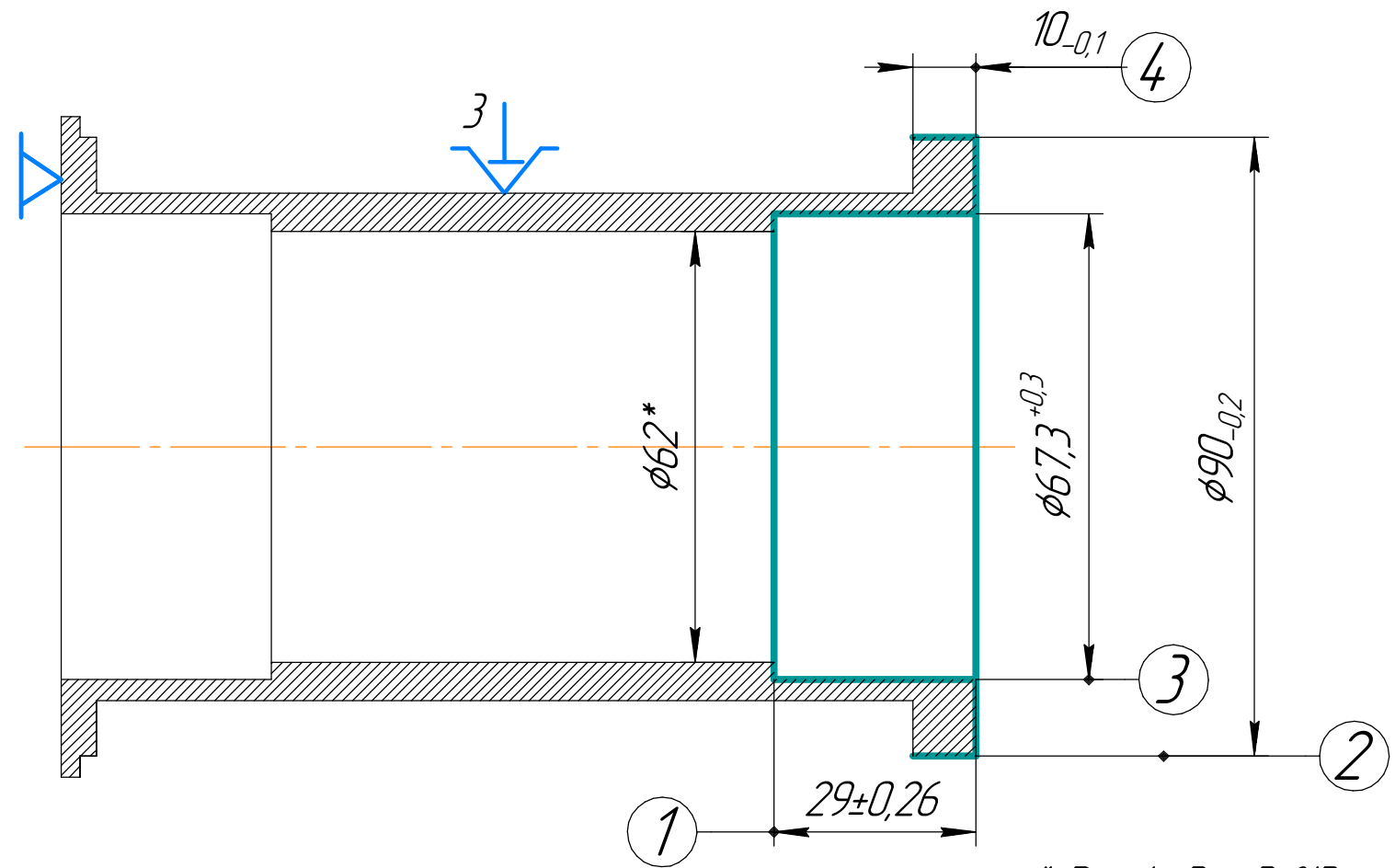
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 02.14.1.25003 1 1

Разроб.	Шарков		
Перевір.	Степанов		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 713654.003 М-111.20.14.1.00020  
 Корпус ротора 020

$\sqrt{Ra6,3}$



\* Розмір для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 02.14.1.25003

Листів 1

Лист 1

Розроб.	Шарков			НУЗП	НУЗП 713654.003			M-111.6014.1.00020				
Перевір.	Степанов											
Н.контр.	Дядя											020

## Корпус ротора

Найменування операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Проф. і розмір.	МЗ	КВЗ
Токарна з ЧПК	Сталь 20 ДСТУ 7809:2015	240...300 НВ	к2	0,6		2,4	0,25
Устаткування, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	ТВ	Тп.з.	Тш-к	30ТС	
Токарний з ЧПК HAAS ST10	-	0,86	1,2	27	2,71	5% емульсія "Українол-1" ТУ-38-101197-76	

Р	П	Д,В	L	t	i	S	п	V
0 01	1. Встановити та закріпити деталь							
Т 02	ПР Патрон трьоххулачковий 7100-0009 ГОСТ 2675-80							
03								
0 04	2. Точити начорно витримуючи розміри 2, 4							
Т 05	ВИ Інструментальний блок							
06	РИ Різець прохідний 2112-0006 Т5К30 ГОСТ 18880-73							
07	СИ Калібр-скоба 8113-0157 ГОСТ 18360-93, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.							
Р 08	01	90	21	1	2	0,3	400	113
09								
0 10	3. Розточити начорно витримуючи розміри 1, 3.							
Т 11	ВИ Інструментальний блок							
12	РИ Різець розточний 2141-0006 Т5К30 ГОСТ 18883-73							
13	СИ Калібр-пробка спеціальна, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.							
Р 14	02	67,3	31,5	1	2	0,3	500	105
0 15	3. Зняти деталь							

OK

 $t_{\text{вст}}=0,5 \text{ хв}$  $t_{\text{зн}}=0,5 \text{ хв}$

Дцдл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 02.14.1.25003

1

1

Разроб. Шарков

НУЗП

НУЗП 713654.003

М-111.20.14.1.00035

Перевір. Степанов

Н. контр. Дядя

Корпус ротора

035



\* розміри для довідок

КЭ

Дудл.			
Взам.			
Підл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 02.14.1.25003

Листів 1

Лист 1

Розроб.	Шарков			НУЗП	НУЗП 713654.003			M-111.6014.1.00035		
Перевір.	Степанов									

Н.контр.	Дядя			Корпус ротора								035
----------	------	--	--	---------------	--	--	--	--	--	--	--	-----

Найменування операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ
Фрезерна з ЧПК		Сталь 20 ДСТУ 7809:2015		240...300 НВ		к2	0,6			2,4	0,25
Устаткування, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тдоп	Тп.з.	Тш-к	30ТС			
Вертикальнофрезерний з ЧПК HAAS VF-1		-		8,9	0,9	25	11,11	5% емульсія "Українол-1" ТУ-38-101197-76			

Р		П	Д,В	L	t	i	S	п	V
0 01	1. Встановити та закріпити деталь								$t_{вст}=0,3 \times \delta$
Т 02	ПР Пристосування спеціальне								
03									
0 04	2. Фрезерувати шість виборок витримуючи розміри 1, 2, 3, 4, 5.								
Т 05	ВИ Патрон 1-30-8-90 ГОСТ 26539-85								
06	РИ Фреза спеціальна Р6М5								
07	СИ Шаблон спеціальний, штангенциркуль ШЦ-II-250-0,05 ГОСТ 166-89.								
Р 08		01	40	32,8	2,3	6	120	200	25
09									
0 10	3. Зняти деталь								$t_{зн}=0,3 \times \delta$
11									
12									
13									
14									
15									

ОК

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

НУЗП 02.14.125003

1

1

Розроб. Шарков

НУЗП

НУЗП 713654.003

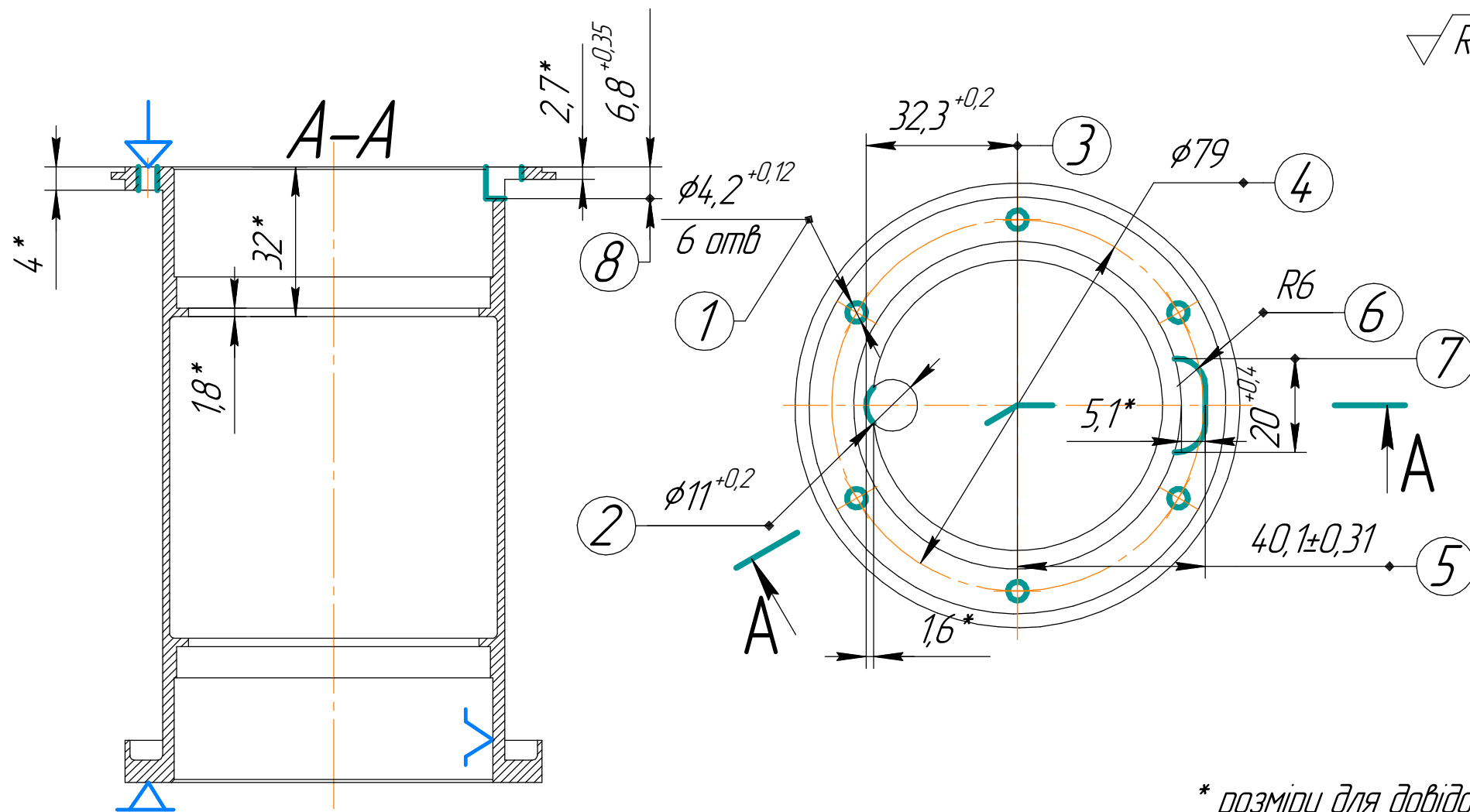
М-111.20.14.100040

Перевір. Степанов

Корпус ротора

Н. контр. Дядя

040



Дудл.			
Взам.			
Підл.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 02.14.1.25003

Листів 2

Лист 1

Розроб.	Шарков			НУЗП	НУЗП 713654.003			M-111.6014.1.00040				
Перевір.	Степанов											
Н.контр.	Дядя											040

## Корпус ротора

Найменування операції		Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ
Фрезерна з ЧПК		Сталь 20 ДСТУ 7809:2015		240...300 НВ		к2	0,6			2,4	0,25
Устаткування, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тдоп	Тп.з.	Тш-к	30ТС			
Вертикальнофрезерний з ЧПК HAAS VF-1		-		2,4	0,9	25	4,01	5% емульсія "Українол-1" ТУ-38-101197-76			

Р		П	Д,В	L	t	i	S	п	V
0 01	1. Встановити та закріпити деталь								$t_{вст}=0,3 \times \delta$
Т 02	ПР Пристосування спеціальне								
03									
0 04	2. Свердлити шість отворів витримуючи розміри 1, 4.								
Т 05	ВИ Патрон свердлильний 4В-10 ГОСТ 8522-79								
06	РИ Свердло 2300-0169 Р9 ГОСТ 10902-77								
07	СИ Калібр-пробка 8133-0907 ГОСТ 14810-69.								
Р 08		01	4,2	8,2	2,1	6	0,05	850	11,2
09									
0 10	3. Фрезерувати паз витримуючи розміри 5, 6, 7.								
Т 11	ВИ Патрон 1-30-8-90 ГОСТ 26539-85								
12	РИ Фреза 2220-0011 Р9 ГОСТ 17025-71								
13	СИ Шаблон спеціальний, штангенциркуль ШЦ-ІІ-250-0,05 ГОСТ 166-89.								
Р 14		02	10	28,1	2,3	3	80	850	26
15									

ОК

