

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка»»

(назва теми)

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

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ФЕНЮШИН Д.І.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ТРИШИН П.Р.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

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

Інститут, 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)

ФЕНЮШИНУ Денису Ігоровичу

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка»

керівник проєкту (роботи) к.т.н., ТРИШИН Павло Романович,
(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 28 » березня 2024 року №97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 12 червня 2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=2000шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3. Розробка планування ділянки; 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	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	ТРИШИН П.Р., доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	20.05.2024	
2	Конструкторська частина	27.05.2024	
3	Розробка планування ділянки	29.05.2024	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	03.06.2024	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2024	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2024	
7	Захист дипломного проекту	12.06.2024	

Студент

_____ Денис ФЕНЮШИН
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Павло ТРИШИН
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 81 с., 21 рис., 21 табл., 2 додатки, 11 джерел.

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

Об'єкт дослідження – втулка.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення деталі «Втулка».

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення «Втулки», 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.....	13
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	13
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	16
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	18
1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу.....	22
1.6.1 Операція 015 – токарна.....	22
1.6.2 Операція 050 – шліфувальна.....	25
1.6.3 Операція 035 – свердлильна.....	28
1.7 Розробка керуючої програми на свердлильну операцію з ЧПК.....	33
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	36
2.1 Проектування та розрахунок кондуктора.....	36
2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи кондуктора.....	36
2.1.2 Обґрунтування способу базування деталі.....	36
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі.....	38
2.1.4 Розрахунок пристосування на точність.....	40
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	42
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	42
2.3 Розрахунок на міцність деталі.....	43
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	46

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ.....	49
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
5.1 Освітленість робочого місця.....	61
ВИСНОВКИ.....	66
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	67
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	69
Додаток Б. Технологічні карти.....	71

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

КЕО – коефіцієнт природного освітлення

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ПШТЯ – послідовність показників точності та якості

ТО – термічна обробка

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

В сучасній промисловості, де швидкість виробництва та якість продукції визначають конкурентоспроможність підприємства, розробка оптимального технологічного процесу виготовлення деталей є критичною задачею. Однією з таких деталей є втулка, яка відіграє важливу роль у кріпленні валу до корпусу та забезпеченні підшипникової підтримки. Матеріал втулки, ливарна латунь ЛЦ40С, відомий своєю високою міцністю та зносостійкістю, що робить його ідеальним для використання у важких умовах експлуатації.

Ця дипломна робота присвячена розробці технологічного процесу виготовлення втулки з латуні ЛЦ40С з використанням сучасних технологій та обладнання. В рамках дослідження буде проведено аналіз ефективності використання верстатів з числовим керуванням (ЧПК) у виробничому процесі, розраховано оптимальні режими різання та виготовлено керуючу програму для операцій з ЧПК.

Окрім того, у роботі буде звернута увага на важливий аспект експлуатації – контроль якості виготовленої деталі. Досліджено міцнісні характеристики втулки та розроблено контрольне пристосування для забезпечення відповідності виробів вимогам стандартів якості.

Крім того, у роботі будуть розглянуті питання організації виробничого процесу, включаючи кількість необхідного технологічного обладнання та кваліфікованих працівників, а також заходи безпеки праці персоналу.

Метою цієї роботи є не лише розробка оптимального технологічного процесу виготовлення втулки, але й забезпечення його впровадження на виробництві з максимальним економічним ефектом та забезпеченням високої якості продукції.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Згідно програми випуску 2000 штук та маси деталі 4,2 кг тип виробництва для деталі «Втулка» призначаємо як серійний [2].

Кількість партії оброблюваних деталей:

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

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

a – періодичність запуску партій деталей в виробництво, $a=5$ дня;

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

$$n = \frac{5 \cdot 2000}{250} = 40 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Втулка» згідно матеріалу та конструкції обираємо наступні методи отримання заготовки:

- лиття в кокіль;
- лиття в піщану форму.

Масу заготовок було визначено за допомогою програми NX CAD (рис. 1.2, 1.3). Припуски, допуски, радіуси та нахили на всі поверхні відливок приймаємо по ГОСТ 26645-85.

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

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

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];

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

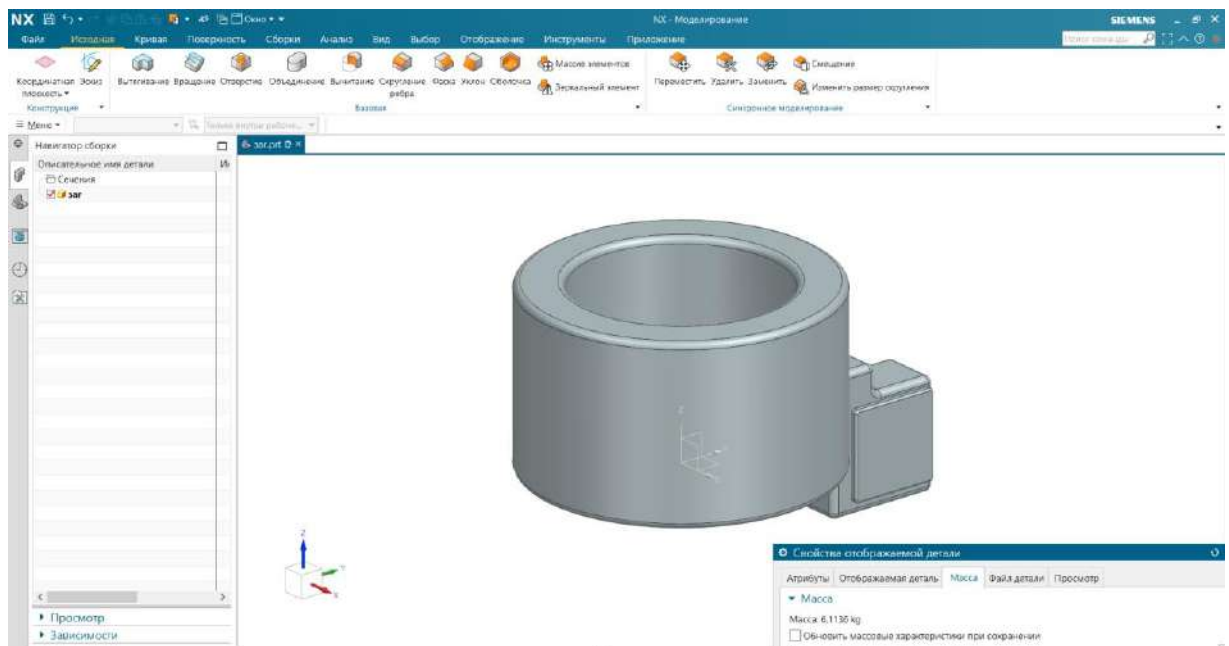


Рисунок 1.2 – Заготовка, що отримується литтям в кокіль

$$V_K = \frac{3350}{1000} \cdot 6,1 \cdot 1,05 \cdot 5,4 \cdot 1,02 \cdot 0,99 \cdot 0,92 - (6,1 - 4,2) \cdot \frac{5500}{1000} = 97,2 \text{ грн}$$

$$V_{\text{ПФ}} = \frac{2900}{1000} \cdot 7,4 \cdot 1,05 \cdot 5,4 \cdot 1,02 \cdot 0,99 \cdot 0,92 - (7,4 - 4,2) \cdot \frac{5500}{1000} = 95,4 \text{ грн}$$

Показники методів заготовки заносяться в таблиці 1.2.

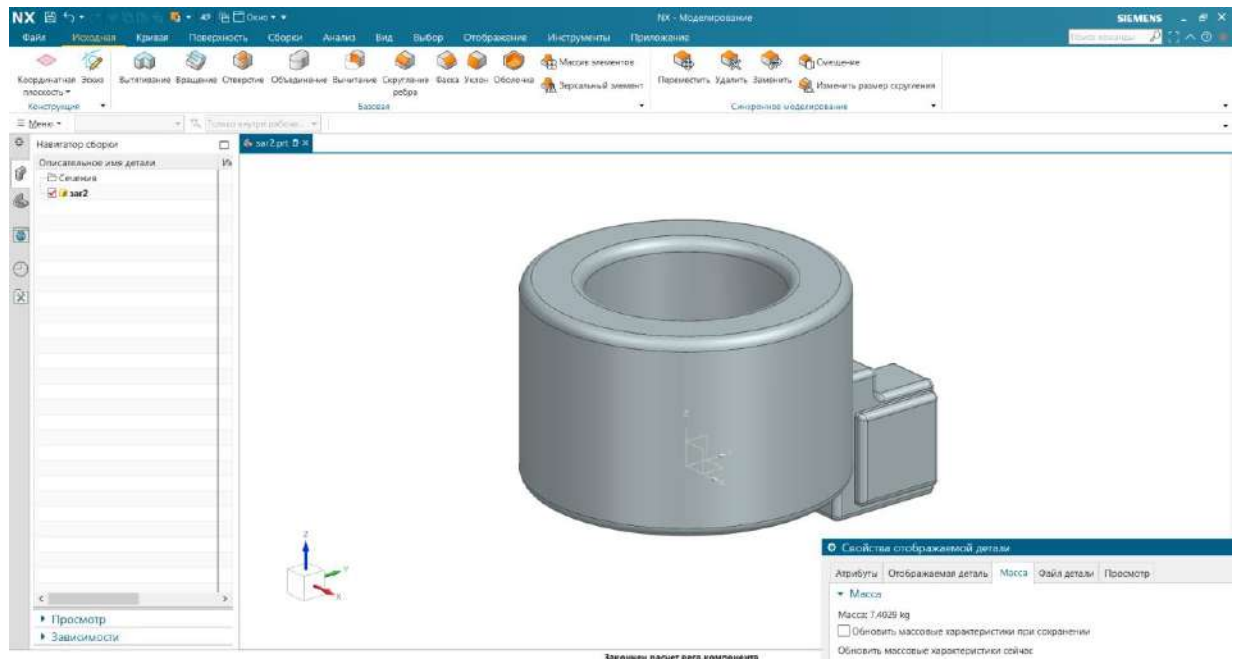


Рисунок 1.3 – Заготовка, що отримується литтям в піщану форму

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			Кокіль	ПФ
Вага заготовки	Q	кг	6,1	7,4
Базова вартість 1 т заготовки	V _Б	грн	3350	2900
Коефіцієнти	K _T		1,05	1,05
	K _M		5,4	5,1
	K _C		1,02	0,9
	K _З		0,99	1
	K _П		0,92	0,77
Вартість 1 т стружки	V _{Відх}	грн	550	550
Собівартість заготовки	V _З	грн	97,2	95,4
КВМ	η		0,68	0,56

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_K = \frac{4,2}{6,1} = 0,68$$

$$\eta_{\text{ПФ}} = \frac{4,2}{7,4} = 0,56$$

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок:

$$E_B = (B_K - B_{\text{ПФ}}) \cdot N, \quad (1.4)$$

$$E_B = (97,2 - 95,4) \cdot 2000 = 3600 \text{ грн}$$

Заощадження на металі при виготовленні заготовки литтям в кокіль:

$$M_e = \frac{q(\eta_K - \eta_{\text{ПФ}})}{\eta_K \cdot \eta_{\text{ПФ}}} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{4,2 \cdot (0,68 - 0,56)}{0,68 \cdot 0,56} \cdot 2000 = 2647 \text{ кг}$$

Так як отримали значення $B_{\text{ПФ}} < B_K$, але $\eta_{\text{ПФ}} < \eta_K$, то порівнюємо додаткові витрати згідно формули:

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

$$B_1 = \frac{2900}{1000} \cdot 2647 \cdot 1,05 \cdot 5,4 \cdot 1,02 \cdot 0,99 \cdot 0,92 = 40435 \text{ грн}$$

Обираємо лиття в кокіль як метод отримання заготовки.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

На токарних операціях в якості установчих баз приймаємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 140$, отвір $\varnothing 105$ та крайні торці. При фрезеруванні

поверхонь в якості установчих баз обираємо внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 105$ мм та крайній торець. При свердлінні отворів в якості установчих баз обираємо внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 105$ мм та крайній торець. Для шліфування в якості установчих баз обираємо циліндричну поверхню $\varnothing 105$ мм, $\varnothing 130$ мм та крайній торець.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Складаємо маршрут обробки поверхонь (МОП), яка 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;

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

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхні – $\varnothing 130f8 \left(\begin{smallmatrix} -0,043 \\ -0,106 \end{smallmatrix} \right)$:

$$\varepsilon_d = \frac{2,5}{0,063} = 39,6$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{1,6} = 15,6$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,6}{0,02} = 30$$

Кількість переходів розраховується по формулі:

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

$$k = 2 \cdot \lg 39,6 = 2,9$$

Приймаємо $k=3$ переходи: $IT=IT16-f8=8=3+3+2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) Для допуску – $IT16 \rightarrow h13 \rightarrow h10 \rightarrow f8$.

2) Для шорсткості – $Ra25 \rightarrow Ra6.3 \rightarrow Ra3.2 \rightarrow Ra1,6$

Точіння чорнове: $T_{D1}=630$ мкм; $T_{Ra1}=6.3$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2500}{630} = 3,9$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 4$$

Точіння чистове: $T_{D2}=160$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{630}{160} = 3,9$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 3,9 \cdot 3,9 = 15,2 < \varepsilon_d = 39,6$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 2 = 8 < \varepsilon_{Ra} = 15,6$$

Шліфування: $T_{D4}=63$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [4].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d4} = \frac{160}{63} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 15,2 \cdot 2,5 = 38 < \varepsilon_d = 39,6$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 8 \cdot 2 = 16 < \varepsilon_{Ra} = 15,6$$

Розрахунок МОП інших поверхонь заносено до таблиці 1.3.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Для деталі «Втулка» розроблено маршрут виготовлення деталі (МВД):

- 1) етап – отримання заготовки, термічна обробка (ТО);
- 2) етап – механічна обробка:
 - токарна чорнова обробка;
 - токарна чистова обробка;

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхонь	Параметри заготовки		Параметри деталі		МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	T _{d3}	T _{Ра3}	T _{дД}	T _{РаД}	IT	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Биття	Розмір	шорсткість	Биття
Ø130f8 ^(_{-0,106}^{-0,043}) Ra=1,6	2,5	25	0,063	1,6	16	Заготовка	2500	25	600	–	–	-
					13	Точіння чорнове	630	6,3	200	3,9	4	3
					10	Точіння чистове	160	3,2	50	3,9	2	4
					8	Шліфування	63	1,6	20	2,5	2	2.5
Ø105H8 ^{+0,054}	2,2	25	0,054	1,6	16	Заготовка	2200	25	600	–	–	-
					13	Точіння чорнове	540	6,3	200	4,6	4	3
					10	Точіння чистове	140	3,2	50	3,8	2	4
					9	Шліфування	54	1,6	20	2.6	2	2.5
48 _{-0,16} Ra=3,2	-	-	0,16	20	16	Заготовка	-	-	-	-	-	-
					13	Точіння чорнове	390	6,3	200	-	-	-
					11	Точіння чистове	160	3,2	100	2,4	2	2
80 _{-0,3} Ra=6,3	2,2	25	0,3	40	16	Заготовка	2200	6,3	600	-	-	-
					13	Точіння чорнове	460	12,5	200	5,4	2	3
					12	Точіння чистове	300	6,3	100	1,5	2	2

- фрезерна обробка;
 - свердлильна обробка
 - слюсарна обробка
- 3) етап – мийка;
 - 4) етап – контроль;
 - 5) етап – шліфування;
 - 6) етап – мийка, контроль;
 - 7) етап – контроль.

Маршрут виготовлення наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 711003.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для поверхні $\varnothing 130f8 \begin{pmatrix} -0,043 \\ -0,106 \end{pmatrix}$ розрахунок припусків виконується розрахунково-аналітичним методом. Шорсткість поверхні та глибина дефектного шару згідно [6]:

- 1) для заготовки значення: $Rz_1 = 200$ мкм та $h_1 = 100$ мкм;
- 2) для чорнового точіння: $Rz_2 = 40$ мкм та $h_2 = 40$ мкм;
- 3) для чистового точіння: $Rz_5 = 20$ мкм та $h_5 = 20$ мкм [4];
- 4) для шліфування: $Rz_5 = 10$ мкм та $h_5 = 15$ мкм [4];

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{пар}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2}, \quad (1.11)$$

$\rho_{\text{кор}}$ – похибка від перекосу.

$\rho_{\text{пар}}$ – похибка паралельності

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{п}} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.12)$$

$$\rho_{\text{пар}} = \Delta_{\text{оп}} \cdot \ell, \text{ мм} \quad (1.13)$$

де $\Delta_{\text{п}}$ – переки́с центрального отвору, $\Delta_{\text{п}}=2,5$ мкм/мм [4];

$\Delta_{\text{оп}}$ – похи́бка паралельності, $\Delta_{\text{оп}}=2,2$ мкм/мм [4].

$$\rho_{\text{кор}} = 2,5 \cdot 122 = 305 \text{ мкм}$$

$$\rho_{\text{пар}} = 2,2 \cdot 122 = 268 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,305^2 + 0,268^2} = 0,406 \text{ мм}$$

Просторові похи́бки для механічних переходів розраховуються за формулою:

$$\rho_j = K_{\text{ут}} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.14)$$

де $K_{\text{ут}}$ – коефіцієнт уточнення для переходів механічної обробки [4].

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 406 = 24 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 24 = 1 \text{ мкм}$$

$$\rho_4 = 0,04 \cdot 1 = 0 \text{ мкм}$$

Похи́бка закріплення:

$$\varepsilon_i = K_{\text{ут}} \cdot \varepsilon_{i-1} \quad (1.15)$$

де ε_2 – похи́бка закріплення на першій операції, $\varepsilon_2=0,4$ мм [4].

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 400 = 16 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_4 = 0,03 \cdot 16 = 0,5 \text{ мкм}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

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

$$2z_2^{\text{min}} = 2(200 + 100 + \sqrt{406^2 + 400^2}) = 1740 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\text{min}} = 2(40 + 40 + \sqrt{24^2 + 16^2}) = 218 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2 \left(20 + 20 + \sqrt{1^2 + 0,5^2} \right) = 82 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі розраховується за формулою:

$$d_4^{\max} = d_4^{\min} + ES_{d4} \quad (1.17)$$

$$d_4^{\max} = 130 - 0,043 = 129,957 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.18)$$

$$d_3^{\max} = 129,957 + 0,082 + 0,16 = 130,199 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 130,199 + 0,63 + 0,218 = 131,047 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 131,047 + 2,5 + 1,74 = 135,287 \rightarrow 135,3 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.19)$$

$$d_4^{\min} = 129,957 - 0,054 = 118,05 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 130,199 - 0,16 = 130,039 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 131,047 - 0,63 = 130,417 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 135,3 - 2,5 = 132,8 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків по переходам механічної обробки розраховуються за формулою:

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

$$2z_2^{\max} = 135,3 - 130,417 = 4,883 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 131,047 - 130,039 = 1,008 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 130,199 - 129,894 = 0,305 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

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

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.22)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.23)$$

$$2z_0^{\max} = 135,3 - 129,894 = 5,406 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 132,8 - 129,957 = 2,843 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 2,5 + 0,063 = 2,563 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 5,406 - 2,843 = 2,563 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 133 \pm 1,25$ мм.

Розрахунок припусків та технологічних розмірів наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуска		Виконавчий розмір
	ІТ	Метод обробки		Td, мм	d_i^{\max} , мм	d_i^{\min} , мм	$2z_i^{\max}$	
$\varnothing 130f8 \begin{pmatrix} -0,043 \\ -0,106 \end{pmatrix}$	16	Заготовка	2,5	135,3	132,8	-	-	$\varnothing 133 \pm 1,25$
	13	Точіння чорнове	0,63	131,047	130,417	4883	1740	$\varnothing 131_{-0,63}$
	10	Точіння чистове	0,16	130,199	130,039	1008	218	$\varnothing 130,2_{-0,16}$
	8	Шліфування	0,063	129,957	129,894	305	82	
		5,406-2,843=2,5+0,063		2,563=2,563			5,406	2,843

1.6 Розрахунок режимів різання та норм часу

1.6.1 Операція 015 - токарна

Чорнове точіння ведеться на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі ST 20. Операційний ескіз представлений на рис. 1.4. Вибираємо різальний інструмент:

- 1) Різець токарний підрізний ГОСТ 18880-73, $\varphi=95^\circ$, державка 25x25x125, T15K6, R1 [6];
- 2) Різець токарний розточувальний ГОСТ 18883-73, $\varphi=95^\circ$, державка 25x25x125, T15K6, R1 [6].

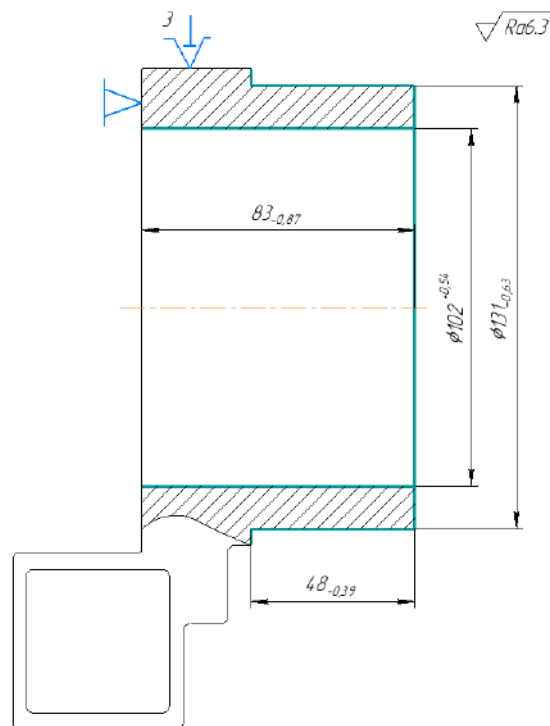


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз деталі

Технічні характеристики:

- найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 305мм;
- найбільша довжина оброблюваної заготовки - 406 мм;
- частоти обертання шпинделя – 1 ... 6000 об/хв;

- поздовжня та поперечна подача супорта – 1...200 мм/об;
- швидкість швидких переміщень – 1000 мм/хв;
- найбільший переріз різців – 25x32 мм;
- потужність – 11.2 кВт.

Режими різання для зовнішнього точіння:

Подача розраховується за формулою:

$$S = S^{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{Sз} \cdot K_{Sф} \cdot K_{Sж} \cdot K_{SM} \quad (1.24)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,36$ мм/об [7];

K_{Sn} – коефіцієнт враховуючий стан поверхні, $K_{Sn} = 1$ [7];

K_{Su} – коефіцієнт враховуючий матеріал різця, $K_{Su} = 1$ [7];

$K_{Sз}$ – коефіцієнт враховуючий форму поверхні, $K_{Sз} = 1$ [7];

$K_{Sф}$ – коефіцієнт враховуючий припуск на обробку, $K_{Sф} = 1$ [7];

$K_{Sж}$ – коефіцієнт враховуючий жорсткість деталі, $K_{Sж} = 0,83$ [7];

K_{SM} – коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $K_{SM} = 1,07$ [7].

$$S_p = 0,36 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 1,07 = 0,31 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S = 0,3$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання:

$$V_p = V_T \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{Vф} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \cdot K_{VP} \cdot K_{VO} \quad (1.25)$$

де V_m – табличне значення швидкості, $V_m = 340$ м/хв [7];

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

K_{CT} – коефіцієнт, що враховує стійкість інструменту, $K_{CT} = 1$ [7];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від виду обробки, $K_{II} = 0,81$ [7];

K_C – коефіцієнт, що залежить від використання змащувально-охолоджувального технологічного середовища (ЗОТС), $K_C = 0,75$ [7];

K_L – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_L = 0,82$ [7].

$$V_p = 340 \cdot 0,8 \cdot 0,81 \cdot 0,75 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 135,4 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.26)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 135,4}{3,14 \cdot 140} = 308 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=300$ об/хв.

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \quad (1.27)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 300}{1000} = 131 \text{ м/хв}$$

Розрахунок режимів різання при розточуванні проводимо аналогічно та заносимо в таблицю 1.5.

Розраховуємо основний машинний час:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}) \cdot i}{s \cdot n}, \text{ хв} \quad (1.28)$$

де l – довжина різання, мм;

$l_{пер}$ – величина перебігу, $l_{пер}=2$ мм;

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

$i=2$ – кількість проходів, $i=2$.

$$t_o = \frac{2 + 67 + 2}{300 \cdot 0,3} \cdot 2 + \frac{2 + 2 + 83}{420 \cdot 0,3} \cdot 2 = 2,9 \text{ хв}$$

Допоміжний час:

$$t_{доп} = t_{в} + t_{х} \quad (1.29)$$

де $t_{в}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{в.у}=0,3$ хв [8];

t_x – час допоміжних ходів верстата, $t_{м.в} = 0,2$ хв [8].

$$t_{доп} = 0,3 + 0,2 = 0,5 \text{ хв};$$

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп} \quad (1.30)$$

$$t_{оп} = 2,9 + 0,5 = 3,4 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час:

$$t_{шт} = t_{оп} + \frac{(\alpha_{обсл} + \alpha_{отд}) \cdot t_{оп}}{100} \quad (1.31)$$

де $\alpha_{обсл}$, $\alpha_{отд}$ – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 10\%$. [8].

$$t_{шт} = 3,4 + \frac{10 \cdot 3,4}{100} = 3,74 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n} \quad (1.32)$$

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час, $T_{п.з} = 20$ хв.

$$t_{шт-к} = 3,74 + \frac{20}{40} = 4,24 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 050 – шліфувальна

Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті моделі KELLENBERGER 1000. Інструмент: шліфувальне круг 1 600x63x305 15A 40H СТ1 6 К8 А 50м/с ГОСТ 2424-83 [6]. Пристосування: оправка, центр, хомутик

повідковий. Операційний ескіз зображено на рис. 1.5.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 350мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 1000 мм;
- 3) частота обертання круга – 1200 об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) – 20...400 об/хв;
- 5) потужність – 7,5 кВт.

Припуск на обробку: $Z=0,305/2=0,15$ мм.

Глибина шліфування: $t=48$ мм.

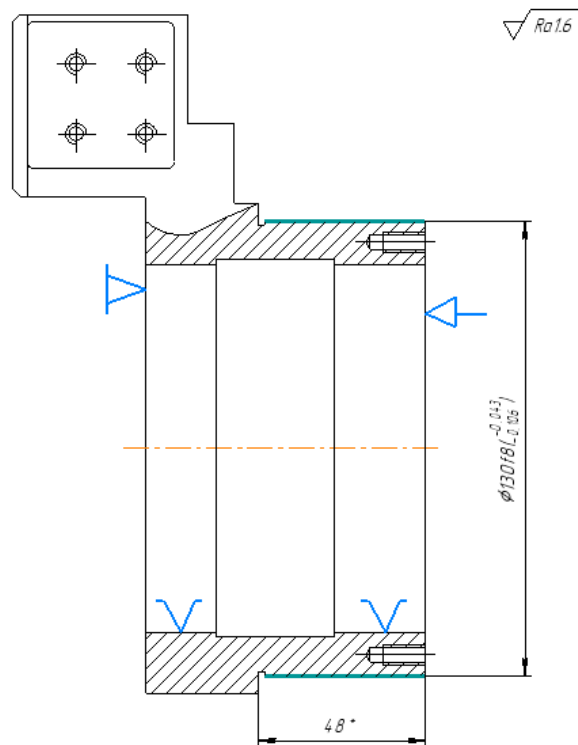


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

Так як ширина круга більше ширини шліфування, то повздовжня подача не використовується.

Подача радіальна розраховуємо по формулі (1.24):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,018$ мм/об [6];

K_D – коефіцієнт, враховуючий діаметр круга, $K_D = 0,42$ [6];

K_R – коефіцієнт, враховуючий радіус галтелі, $K_R = 0,85$ [6];

K_T – коефіцієнт, враховуючий стійкість круга, $K_T = 1,0$ [6];

K_h – коефіцієнт, враховуючий припуск на обробку, $K_h = 1,0$ [6];

K_{IT} – коефіцієнт, враховуючий квалітет виконання розміру, $K_{IT} = 0,5$ [6];

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал деталі, $K_M = 1,0$ [6].

$$S_{\text{поп}} = 0,018 \cdot 0,42 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0032 \text{ мм/об}$$

Обираємо з паспорту верстату: $S = 0,0025$ мм/об.

Табличне значення швидкості обертання деталі – $V_{\text{ш.дет.}} = 50$ м/хв [6]:

Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.26):

$$n_{\text{дет.}}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 130} = 122,5 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{\text{ш.кр.}} = 1200$ об/хв, $n_{\text{дет.}} = 120$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.27):

$$V_{\text{ш.кр.}} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (1.33)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 130 \cdot 120}{1000} = 49 \text{ м/хв}$$

$$V_{\text{ш.кр.}} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1200}{1000 \cdot 60} = 37 \text{ м/с}$$

Визначаємо основний час:

$$t_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет.}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (1.32)$$

де $k = 1,7$ – коефіцієнт уточнення.

$$t_o = \frac{0,15 \cdot 1,7}{1200 \cdot 0,0025} = 0,085 \text{ хв}$$

Допоміжний час за формулою (1.29):

де $t_{в.у}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{в.у}=0,2$ хв [8];

$t_{м.в}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{м.в}=0,4$ хв [8].

$$t_{доп} = 0,2 + 0,4 = 0,6 \text{ хв};$$

Оперативний час за формулою (1.30):

$$t_{оп} = 0,085 + 0,6 = 0,685 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.31):

де $\alpha_{обсл}$, $\alpha_{отд}$ – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місяця, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{обсл} + \alpha_{отд} = 10\%$. [8].

$$t_{шт} = 0,685 + \frac{0,685 \cdot 10}{100} = 0,75 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою (1.32):

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заклучний час, $T_{п.з}=27$ хв.

$$t_{шт-к} = 0,75 + \frac{27}{40} = 1,42 \text{ хв}$$

1.6.3 Операція 035 – свердлильна

Для свердління отворів обираємо радіально-свердлильний верстат моделі Holzmann Z3032X7P. Для свердління отвору обираємо свердло спіральне, діаметром 5 мм із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 19265-73. Операційний ескіз зображено на рис. 1.6.

Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший діаметр свердління – 32 мм;

- 2) Ход шпинделю – 640мм;
 - 3) Конус в отворі шпинделя – КМ3;
 - 4) Хід пінолі – 135;
 - 5) Частота обертання шпинделя – 100...1600 об/хв;
 - 6) Подача інструменту – ручна
 - 7) Потужність електродвигуна головного руху – 1,4 кВт.
- Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{D_{\text{св}}}{2} \quad (1.35)$$

$$t = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

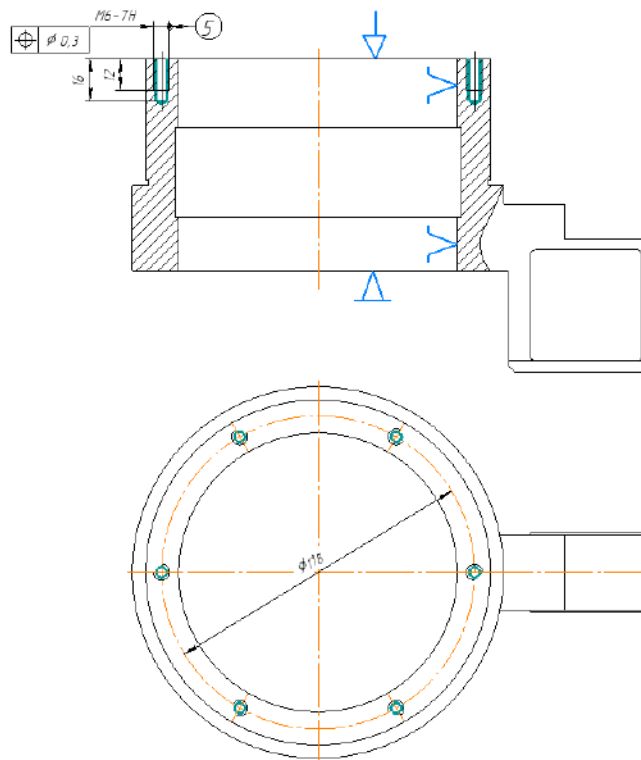


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Подача розраховується за формулою (1.24):

де $S_T = 0,2$ мм/об – табличне значення подачі, [7];

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

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

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

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

$$S_0 = 0,2 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,6 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S_{0T} = 0,1$ мм/об.

Розраховуємо швидкість різання (1.25):

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

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

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

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

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

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

$K_{Vж} = 0,8$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням [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 за формулою (1.26):

$$n = \frac{1000 \cdot 11,5}{3,14 \cdot 5} = 732 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 730$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.27):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 5 \cdot 730}{1000} = 11 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{nS} \cdot n, \text{ хв} \quad (1.36)$$

де l – довжина свердління, мм;

$l_2=0$ – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

$n=1$ – кількість отворів.

$$l_1 = \frac{D_{\text{св}}}{2tg60}, \text{ мм} \quad (1.37)$$

$$l_1 = \frac{5}{2tg60} = 1,5 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{1,5+16+0}{0,1730} \cdot 6 = 1,4 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.29):

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

$t_{\text{м.в}}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{\text{м.в}}=0,15$ хв [8].

$$t_{\text{доп}} = 0,8+0,15=0,95 \text{ хв};$$

Оперативний час за формулою (1.30):

$$t_{\text{оп}} = 1,4+0,95=2,35 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.31):

де $\alpha_{\text{обсл}}$, $\alpha_{\text{отд}}$ – відсоток часу від оперативного обслуговування робочого місця, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{\text{обсл}}+\alpha_{\text{отд}} = 10\%$. [8].

$$t_{\text{шт}} = 2,35 + \frac{10 \cdot 2,35}{100} = 2,58 \text{ хв}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою (1.32):

де $T_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заклучний час, $T_{\text{п.з}}=17$ хв.

$$t_{\text{шт-к}} = 2,58 + \frac{17}{40} = 3 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій представлено в таблиці 1.5, норм часу в таблиці 1.6.

Таблиця 1.5 – 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	1,5	2	0,3	131	300
	02	1,5	2	0,3	134	134
020 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,3	131	300
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	125	300
	02	0,5	2	0,1	122	400
	03	3	1	0,05	121	300
030 Фрезерна з ЧПК	01	1	2	50мм/хв	35	550
	02	1	2	50мм/хв	35	550
035 Свердлильна	01	2,5	6	0,1	11	730
040 Свердлильна	01	3,4	4	0,1	15	600
045 Внутрішньошліфувальний	01	0,2	1	0,005	35/30	2000/200
050 Круглошліфувальний	01	48	1	0,0025	37/49	1200/120

Таблиця 1.6 – Результати розрахунку 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
015 Токарна з ЧПК	2,9	0,5	0,34	3,74	20	4,24
020 Токарна з ЧПК	3,5	0,5	0,40	4,40	20	5,03
025 Токарна з ЧПК	15	0,5	1,55	17,05	20	17,68
030 Фрезерна з ЧПК	18	1,2	1,92	21,12	25	21,75
035 Свердлильна	1,4	0,95	0,24	2,58	17	3,00
040 Свердлильна	2,5	0,95	0,35	3,80	25	4,30
045 Внутрішньошліфувальний	5	0,8	0,58	6,38	27	7,06
050 Круглошліфувальна	0,085	0,6	0,07	0,75	27	1,42

1.7 Розробка керуючої програми на свердлильну операцію з ЧПК

Для свердлильної операції 040 на фрезерному верстаті з ЧПК DT-1 керуючу програму (КП) розробимо в програмі NX CAM. Спочатку було створено моделі деталі на операціях 035 та 040 та поєднано (рис. 1.7).

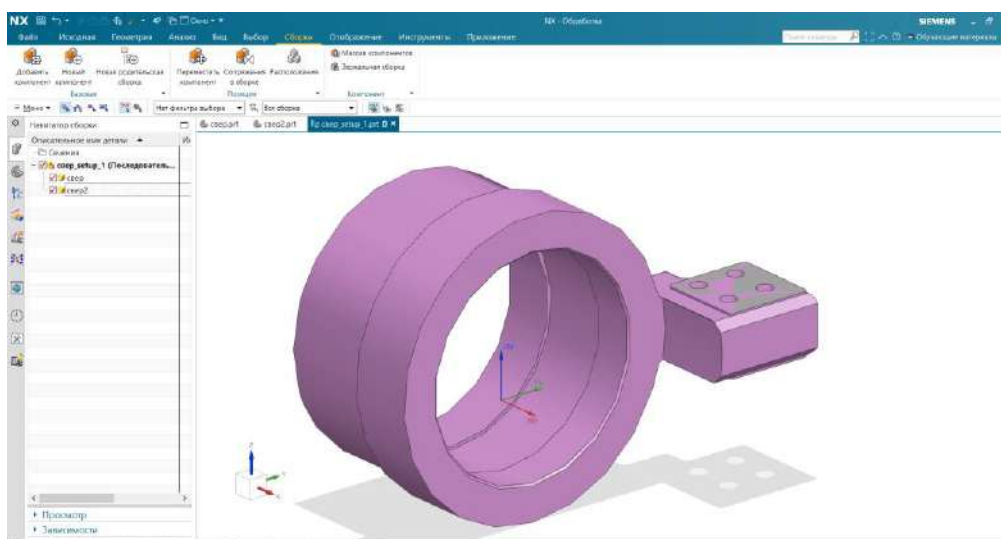


Рисунок 1.7 – Моделі для створення КП

Наступним етапом було створення в програмі свердла для виконання отворів (рис. 1.8).

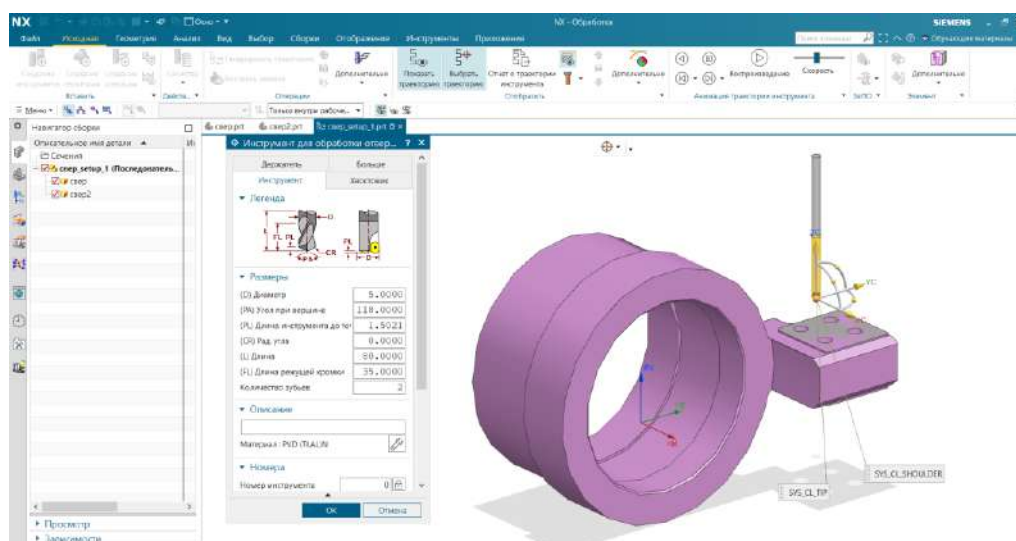


Рисунок 1.8 – Створення свердла

Було визначено положення системи координат (рис. 1.9).

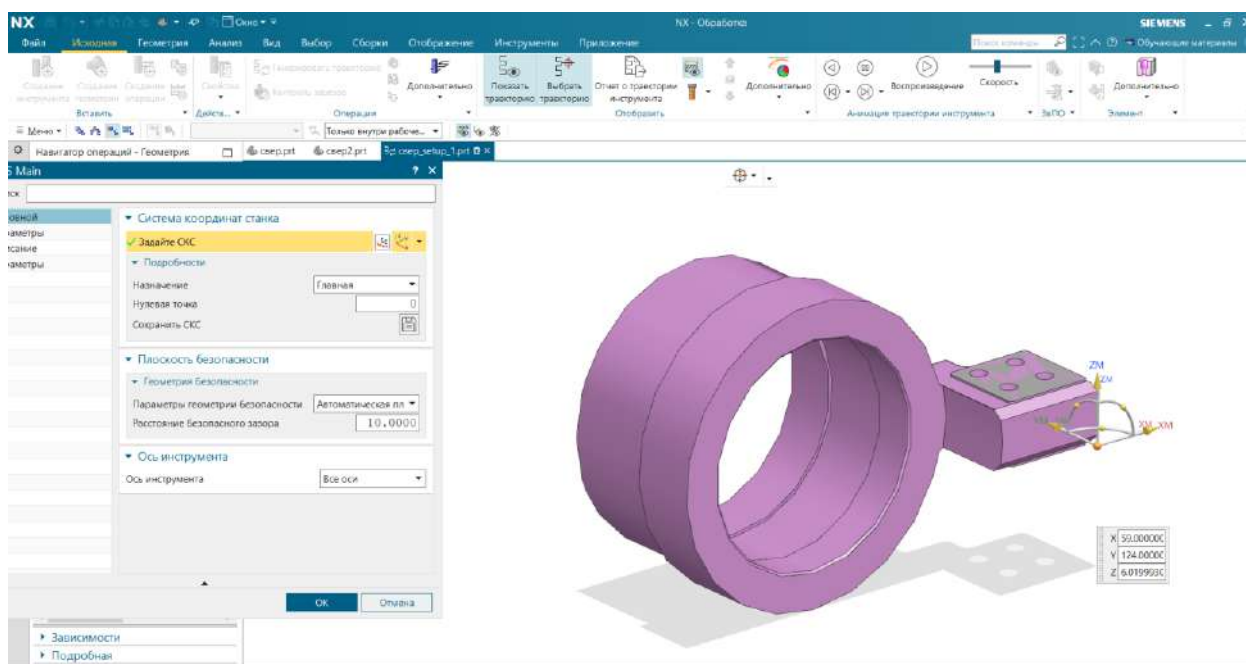


Рисунок 1.9 – Визначення системи координат

Далі було створено перехід свердління отворів, задані параметри різання та згенерована траєкторія (рис. 1.10).

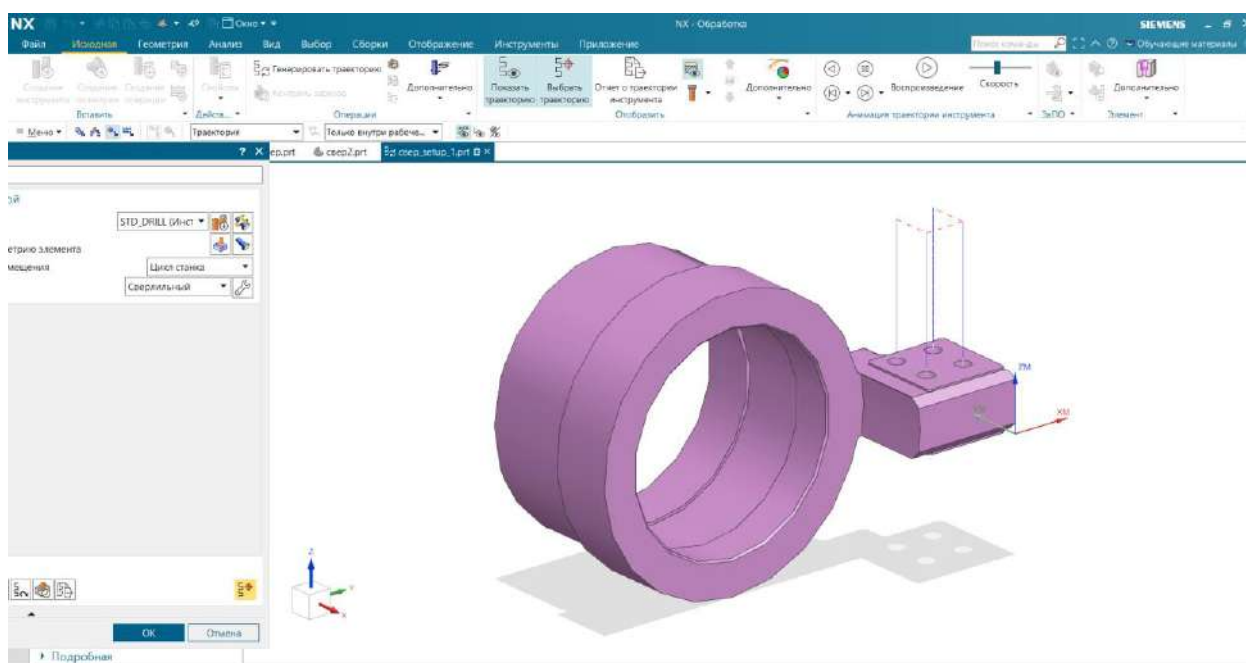


Рисунок 1.10 – Створення першого переходу

Для перевірки траєкторії була проведена візуалізація обробки (с. 1.14). Після перевірки візуалізації обробки була згенерована КП (рис. 1.14).

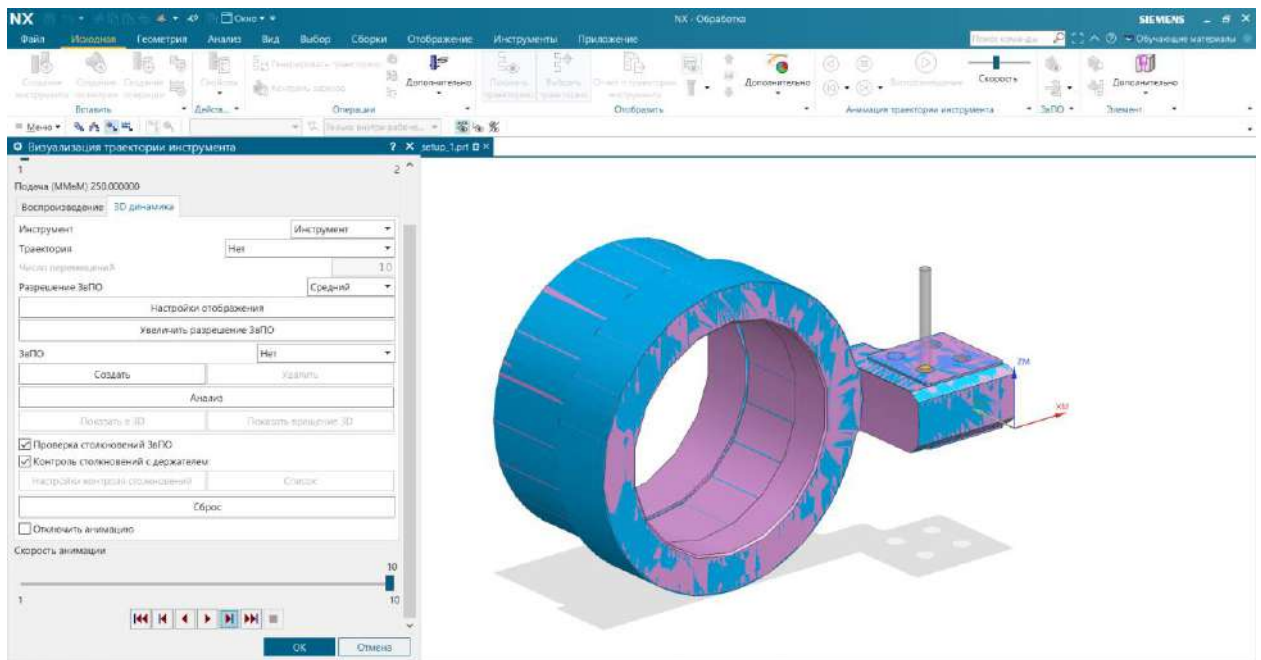


Рисунок 1.11 – Траєкторія обробки

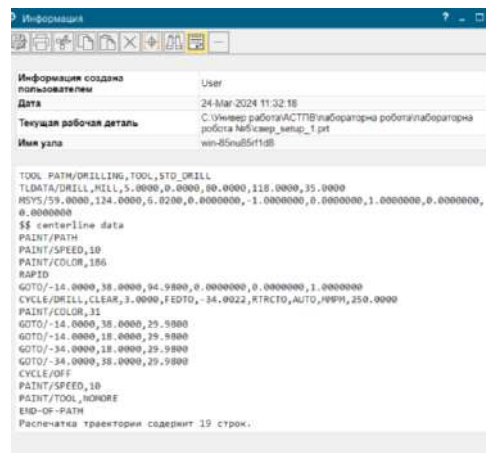


Рисунок 1.11 – КП

Результат розробки свердлильної операції в модулі NX CAM наведено на форматі A1.

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування та розрахунок кондуктора

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи кондуктора

Кондуктор (рис. 2.1) призначений для свердління шести отворів во втулці. Під час свердління втулка встановлюється по центральному отвору на оправку та впирається в торець. Зверху на втулку встановлюється кондукторна плита. В корпусі кондуктора встановлений пневмоциліндр. В плиті встановлені кондукторні втулки для позиціювання свердла. При подачі тиску повітря в циліндр поршень зі штоком рухаються вниз та закріплюють деталь. Після обробки тиск повітря подається в запоршневую порожнину, шток та поршень підіймаються та звільняють деталь.

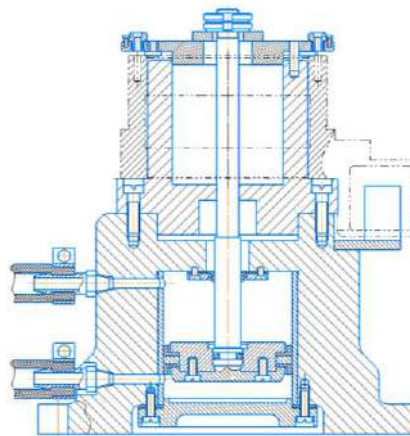


Рисунок 2.1 – Кондуктор

2.1.2 Обґрунтування способу базування деталі

Похибка базування - частина похибки установки, викликана розбіжністю виміральної та настроювальної бази.

Похибка встановлення розраховується за формулою [9]:

$$\varepsilon_6 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення

Похибка закріплення виникає у тому випадку, коли напрям сили затиску чи її складової збігається з розміром обробки. При свердлінні втулки напрям сили затиску перпендикулярний розміру обробки, тому $\varepsilon_3=0$.

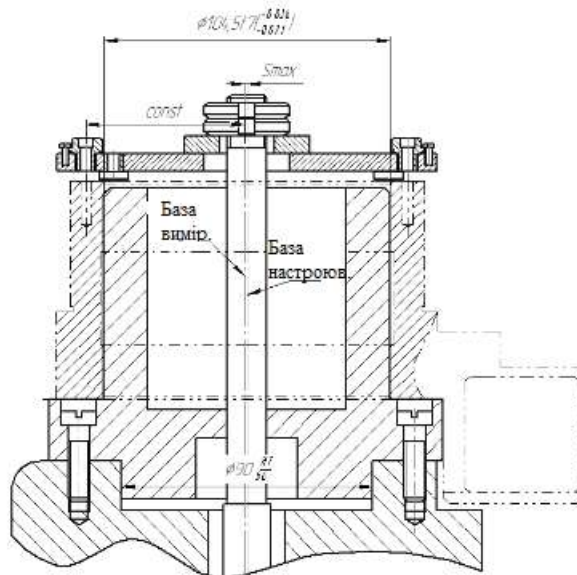


Рисунок 2.1 – Схема базування

Похибка базування [9]:

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

де S_{max} – максимальний зазор у з'єднанні з пальцем.

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,211/2 = 0,105 \text{ мм}$$

Похибка установки за формулою (2.1):

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,105^2 + 0} = 0,105 \text{ мм}$$

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі

Сила затиску згідно рис. 2.2 дорівнює [9]:

$$W = \frac{3M_p}{f \left[\left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left(\frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]} \quad (2.3)$$

де $D_1=140\text{мм}$, $D_2=105\text{мм}$, $D_3=46\text{мм}$, $D_4=20\text{мм}$ – конструктивні розміри.

$f = 0,15$ – коефіцієнт тертя.

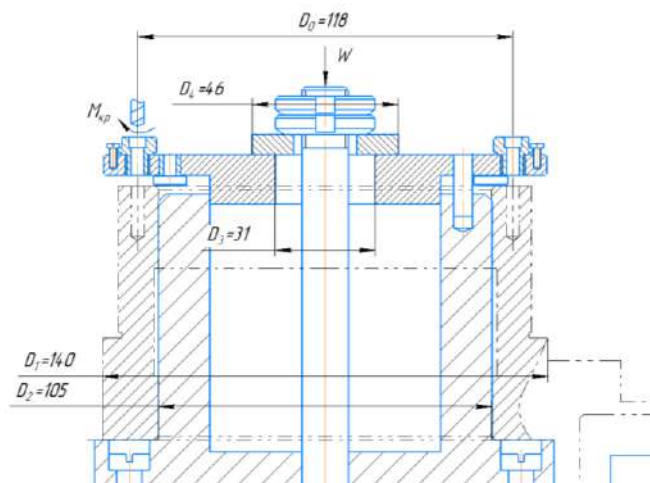


Рисунок 2.2 – Схема визначення сили закріплення [9]

Дійсна сила затиску [9]:

$$W_d = \frac{3 \cdot M_p \cdot k}{f \left[\left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left(\frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]} \quad (2.4)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення.

$$M_p = 10 C_m D^q S^y K_p \quad (2.5)$$

де $C_m=0,0345$, $q=2$, $y=0,8$, $K_p=1$ – коефіцієнти моменту різання.

$$M_{kp}=10 \cdot 0,0345 \cdot 5^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,03=1,4 \text{ Нм}$$

Коефіцієнт запасу закріплення:

$$k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.6)$$

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

$k_1=1,7$ – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці;

$k_2=1,2$ – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту.

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

$k_4=1$ – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами;

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

$k_6=1$ – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту.

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

Дійсна сила закріплення по формулам (2.1):

$$W_d = \frac{3 \cdot 2,58 \cdot 1,4}{0,15 \left[\left(\frac{0,140^3 - 0,105^3}{0,140^2 - 0,105^2} \right) + \left(\frac{0,046^3 - 0,031^3}{0,046^2 - 0,031^2} \right) \right]} = 301 \text{ Н}$$

Мінімальний діаметр штока [9]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.7)$$

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

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 301}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^6}} = 0,0029\text{м} \rightarrow 16\text{ мм}$$

Діаметр циліндра [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (2.8)$$

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

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 301}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 10^6 \cdot 0,85} + 0,016^2} = 0,037\text{м} \rightarrow 80\text{ мм}$$

2.1.4 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок полягає у визначенні виконавчих розмірів на розташування осей кондукторних втулок та допусків на ці розміри (рис.2.1).

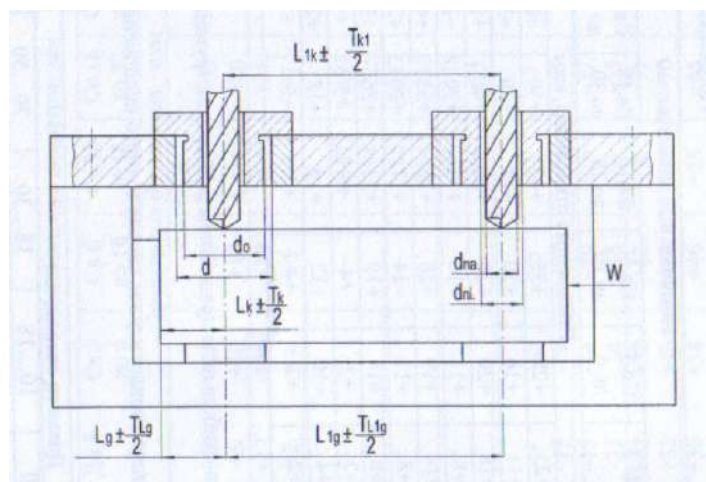


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку на міцність свердлувального пристрою [9]

Допуск на розмір кондукторних втулок [9]:

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (2.9)$$

де $T_d=0,35$ мм – повне поле допуску розмір обробки;

$k=1,2$ – коефіцієнт, враховуючий відхил відстані складових величин від закону нормального розподілу, і залежить від кількості складових похибок;

Δ_1 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі свердла щодо осі отвору змінної втулки;

$$\Delta_1 = S_{1\text{max}} = d_{\text{см.max}} - d_{\text{св.min}} \quad (2.10)$$

$$\Delta_1 = 5,043 - 4,957 = 0,086 \text{ мм}$$

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо постійної:

$$\Delta_2 = S_{2\text{max}} = d_{\text{max}} - d_{0\text{min}} = 0 \text{ мм} \quad (2.11)$$

$$\Delta_2 = 8,021 - 7,98 = 0,041 \text{ мм}$$

$\Delta_3=0,01$ мм – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок;

$\Delta_4=0,024$ мм – частка похибки обробки, яка залежить від величини допустимого зносу;

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекіс інструменту в процесі обробки (рис. 2.4):

$$\Delta_5 = \frac{\Delta_1 \cdot (H + 2a)}{H} \quad (2.12)$$

де a – відстань від кондукторної втулки до деталі;

$$a = (0,5 - 0,8) d_{\text{св}} \quad (2.13)$$

$$a = 0,5 \cdot 11 = 5,5 \text{ мм}$$

$$\Delta_5 = 0,086(12 + 2 \cdot 4) / 12 = 0,143 \text{ мм}$$

$$T_k \leq 0,35 - 1,2 \cdot \sqrt{0,105^2 + 0,041^2 + 0,01^2 + 0,024^2 + 0,092^2} = 0,11 \text{ мм}$$

$$\frac{T_k}{2} \leq \frac{0,11}{2} \Rightarrow \pm 0,04$$

Виконавчий розмір кондукторних втулок:

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} \quad (2.14)$$

$$L_k = 118 \pm 0,04$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.6) складається з корпусу, штанги та центрів. При контролі деталь закріплюється в оправці по отвору $\varnothing 105$ мм, потім оправка встановлюється між двома центрами. Базування оправки виконується по центровим отворам. Контрольне пристосування використовується для контролю радіального биття поверхні $\varnothing 130$ відносно отвору $\varnothing 105$. На штанзі встановлений індикаторний годинник. Штанга має можливість закріпити індикаторний годинник для виміру биття потрібного діаметру. При обертання деталі на оправці по індикаторному годиннику можна вимірити значення биття.

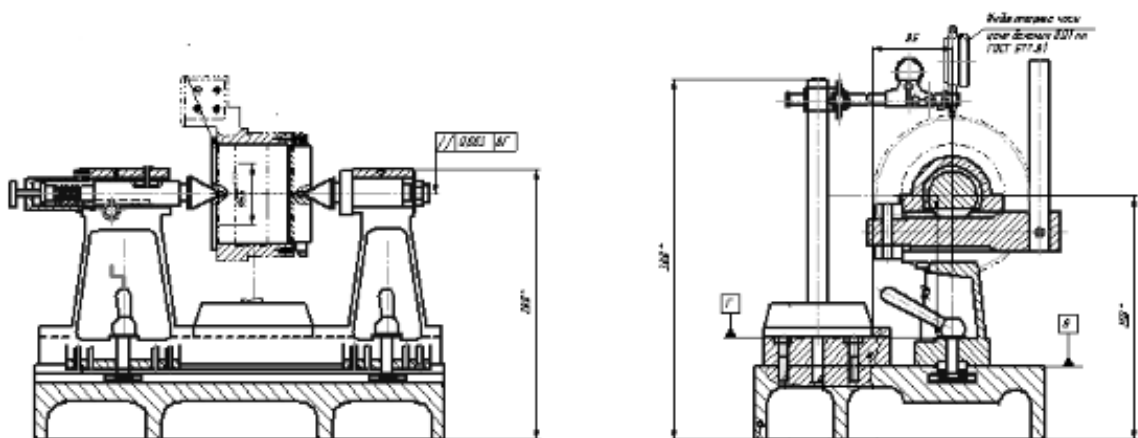


Рисунок 2.6 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Деталь «Втулка» в вузлі закріплюється за чотири отвори М8, в центральному отворі встановлюються підшипники, в яких обертається вал. При обертанні вал тисне з радіальною силою 2000Н на стінки втулки.

Перевірку втулки виконаємо методом кінцевих елементів. Розрахунок проведемо в програмі NX САЕ. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння розрахункового коефіцієнту запасу міцності з довідковим ($k=1,5\dots3$). Коефіцієнт запасу міцності залежить від ступеня відповідальності конструкції та умов її експлуатації. Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності по визначається за формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} \quad (2.15)$$

де $[\sigma]$ – границі міцності ЛЦ40С, $[\sigma]=215$ МПа [1];

σ_{max} – розрахункове максимальне напруження.

Перед розрахунком модель деталі було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.8). Далі на деталі було прикладено обмеження: закріплення по чотирьом отворам М8, якими втулка приєднана до вузла, радіальну силу в центральному отворі по $\varnothing 105$ мм (рис. 2.9).



Рисунок 2.8 – Модель деталі, розбита на сітку кінцевих елементів

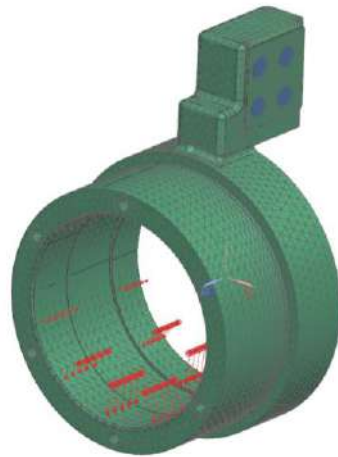


Рисунок 2.9 – Модель деталі з накладеними обмеженнями

Після проведення розрахунку, було отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.10).

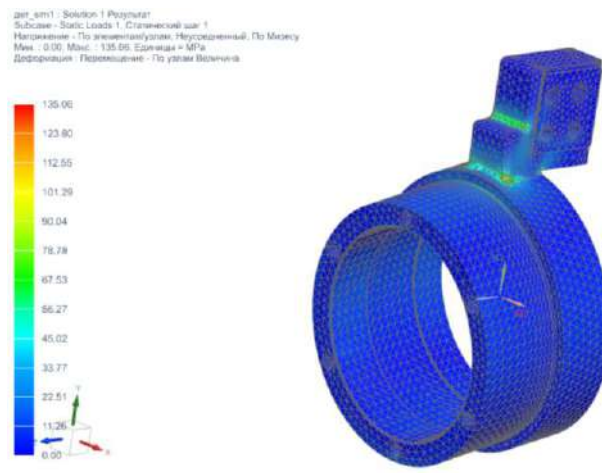


Рисунок 2.10 – Розподіл напружень в деталі

По отриманим результатам, встановлено, що небезпечний переріз в деталі знаходився в кутах переходу циліндричної частини у фланець. Максимальне значення напруження становило 135 МПа.

Згідно формули (2.15) коефіцієнт запасу міцності становить:

$$k = \frac{215}{135} = 1,6$$

Результати розрахунку виявили в 1,6 рази коефіцієнт запасу міцності перевищує допустимі значення, тому конструкцію втулки можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Річна верстатоемність розрахуємо для кожної операції за формулою:

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

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

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, $F_g \cdot m=4000$ год.

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
	Модель верстата							
	ST 20	ST 20	ST 20	DT-1	Z3032X7P	DT-1	OVERBECK 600 I-DC	KELLENBERG ER 1000
$t_{ш-к}$	4,24	5,03	17,68	21,75	3,00	4,30	7,06	12,33
T	8480	10060	35360	43500	6000	8600	14120	24660
S_p	0,04	0,04	0,15	0,18	0,03	0,04	0,06	0,10
S_n	1	1	1	1	1	1	1	1
K_3	0,04	0,04	0,15	0,18	0,03	0,04	0,06	0,10

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

Значення розрахункової кількості верстатів (S_p) округлюємо до 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:

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

$$\overline{K_3} = \frac{0,63}{8} = 0,08$$

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Втулка»: $O=8$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...025). Максимальне значення основного часу буде на операції 025 – 15 хв.

Розрахуємо кількість верстатів, яке 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.

$$m_s = \frac{15 + 0,5}{1,55 + 0,15} = 9,1$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

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

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=8$ верстатів необхідно $M=5$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

$$K_{30} = \frac{O}{M} \quad (3.7)$$

$$K_{30} = \frac{8}{5} = 1,6$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потокову. Але через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,08), то дільницю виробництва деталей «Втулка» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\overline{K_3} > 0,7$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка» було замінено обробку на універсальних токарно-гвинторізних верстатах обробкою на токарних верстатах з ЧПК (таблиці 4.1).

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія					Нова технологія		
	16Б16Т	16Б16Т	16Б16Т	16Б16Т	16Б16Т	ST 20	ST 20	ST 20
Модель верстата	16Б16Т	16Б16Т	16Б16Т	16Б16Т	16Б16Т	ST 20	ST 20	ST 20
Штучний час $t_{шт}$, хв	20	20	15	15	10	3,74	4,4	17,05
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	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
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F , грн	115440					687492		
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	14,2	14,2	14,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	13	13	13	13	13	12	12	12

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі [10]:

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

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;

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
010	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
015	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
030	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
					Σ	171,58

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
015	Токарна	3,74	57,5	1,2	1,4	6,02
020	Токарна	4,4	57,5	1,2	1,4	7,08
025	Токарна	17,05	57,5	1,2	1,4	27,45
					Σ	40,56

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою [10]:

$$Z_o = \frac{\Phi_p \cdot C_{\text{тар.н}} \cdot \chi_n \cdot k_{\text{доп}} \cdot k_{\text{соц}}}{N} \quad (4.2)$$

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

χ_n – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

Φ_p – річний фонд часу одного, $\Phi_p = 2096$ год;

$m_{\text{оп}}$ – кількість операцій у технологічному процесі.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Φ_p , год	$C_{\text{тар}}$, грн	χ_n	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	Z_o , грн
015	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	25,40
020	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	25,40
025	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	25,40
						Σ	76,19

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [10]:

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

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 6.5, 6.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою [10]:

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

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

$t_{\text{шт}ij}$ – штучний час роботи j -го інструменту на i -ої операції, хв;

η_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.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.7, 4.8.

Таблиця 4.5 – Відрахування на амортизацію обладнання за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	20	115440	16,2	4015	1,55
015	Токарна	20	115440	16,2	4015	1,55
020	Токарна	15	115440	16,2	4015	1,16
025	Токарна	15	115440	16,2	4015	1,16
030	Токарна	10	115440	16,2	4015	0,78
					Σ	6,21

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	3,74	687492	14,2	4015	1,52
020	Токарна	4,4	687492	14,2	4015	1,78
025	Токарна	17,05	687492	14,2	4015	6,91
					Σ	10,21

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{МІ}	S _{ін} Грн
010	Токарна	20	Різець прохід.	150	2	60	10	0,4	1,82
015	Токарна	20	Різець розточ.	150	2	60	10	0,4	1,82
020	Токарна	15	Різець прохід.	150	2	60	10	0,4	1,36
025	Токарна	15	Різець розточ.	150	2	60	10	0,4	1,36
030	Токарна	10	Різець канав.	150	2	60	10	0,4	0,91
								Σ	7,27

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{МІ}	S _{ін} грн
015	Токарна	3,74	Різець прохід.	150	1	240	4	0,4	0,10
			Різець розточ.	150	1	240	4	0,4	0,09
020	Токарна	4,4	Різець розточ.	150	1	240	4	0,4	0,22
025	Токарна	17,05	Різець прохід.	150	1	240	4	0,4	0,50
			Різець розточ.	150	1	240	4	0,4	0,30
			Різець канав.	150	1	240	1	0,4	0,13
								Σ	1,34

Визначимо витрати на електроенергію за формулою [10]:

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

де N_B – встановлена потужність головного електродвигуна, кВт;

k_N – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за потужністю (для верстатів з ЧПК – 0,9, для решти обладнання – 0,8);

k_q – середній коефіцієнт завантаження електродвигуна за часом (для верстатів з ЧПК – 0,7, для решти обладнання – 0,6);

$k_{од}$ – середній коефіцієнт одночасності роботи всіх електродвигунів верстата (для верстатів з ЧПК – 1, для решти обладнання – 0,6);

k_w – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії, $k_w = 1,08$;

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_e – коефіцієнт виконання норм часу;

C_e – вартість електроенергії, $C_e = 3,45$ грн/кВт×год.

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_ч$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e , грн
010	Токарна	20	3,45	16,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	5,85
015	Токарна	20	3,45	16,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	5,85
020	Токарна	15	3,45	16,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,39
025	Токарна	15	3,45	16,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,39
030	Токарна	10	3,45	16,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,93
035	Токарна	20	3,45	16,2	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	5,85
										Σ	23,41

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_ч$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e , грн
020	Токарна	3,74	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,49
025	Токарна	4,4	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,93
030	Токарна	17,05	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	11,37
										Σ	16,8

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою [10]:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.11, 4.12.

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

№ опер	Найменування операції	$C_{то}$, грн	K_p	C_p	S_p , грн
010	Токарна	115440	0,02	0,64	0,74
015	Токарна	115440	0,02	0,64	0,74
020	Токарна	115440	0,02	0,64	0,74
025	Токарна	115440	0,02	0,64	0,74
030	Токарна	115440	0,02	0,64	0,74
				Σ	3,69

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

№ опер	Найменування операції	$C_{то}$, грн	K_p	C_p	S_p , грн
015	Токарна	687492	0,02	0,78	5,36
020	Токарна	687492	0,02	0,78	5,36
025	Токарна	687492	0,02	0,78	5,36
				Σ	16,09

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули [10]:

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

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

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

$t_{ін}$ – середній час налаштування одного інструменту поза верстатом ($t_{ін} = 4$ хв – для токарних верстатів з ЧПК; $t_{ін} = 5$ хв – для верстатів з ЧПК свердлильної, фрезерної та розточувальної груп).

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	$t_{ін}$, хв	K_T	T_M	m	S_n грн
015	Токарна	Різець прохід.	1,9	50,9	6	4	0,9	240	4	0,01
	Токарна	Різець розт.	1	50,9	6	4	0,9	240	4	0,00
020	Токарна	Різець розт.	3,5	50,9	6	4	0,9	240	4	0,01
030	Токарна	Різець прохід	10	50,9	6	4	0,9	240	4	0,04
		Різець розто.	4	50,9	6	4	0,9	240	4	0,02
		Різець канав.	1	50,9	6	5	0,9	240	4	0,01
									Σ	0,09

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [10]:

$$I_n = Z_o \cdot k_{заг} \quad (4.8)$$

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

$$I_{H1} = 171,58 \cdot 0,2 = 34,31 \text{ грн}$$

$$I_{H2} = 40,56 \cdot 0,2 = 8,11 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [10]:

$$C_T = Z_o + Z_H + A_{\text{від}} + S_{\text{ін}} + S_e + S_p + S_H + I_H \quad (4.9)$$

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	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	Z_o	171,58	40,56
Заробітна плата наладчика	Z_H		76,19
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	6,21	10,21
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	7,27	1,34
Витрати на електроенергію	S_e	23,41	16,8
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	3,69	16,09
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_H		0,09
Витрати інші	I_H	34,31	8,11
Технологічна собівартість	C_T	246,47	169,39

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [10]:

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

$$E_{yp} = (246,47 - 169,39) \cdot 2000 = 154160 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 154160 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 таблиці 4.15-4.16 розраховані капітальні витрати за формулою (4.11).

Таблиця 4.15 - Капітальні витрати на обладнання за базовим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
010	Токарна	20	115440	4015	9,58
015	Токарна	20	115440	4015	9,58
020	Токарна	15	115440	4015	7,19
025	Токарна	15	115440	4015	7,19
030	Токарна	10	115440	4015	4,79
035	Токарна	20	115440	4015	9,58
		Σ	577200	Σ	38,34

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за новим ТП

№ опер	Найменування операції	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
015	Токарна	3,74	687492	4015	10,67
020	Токарна	4,4	687492	4015	12,56
025	Токарна	17,05	687492	4015	48,66
030	Токарна	3,74	687492	4015	10,67
		Σ	2062476	Σ	71,89

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

$$B_{\text{нав}} = C + E_n K, \quad (4.12)$$

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

У таблиці 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Технологічна собівартість деталі	C_T	246,47	169,39
Капітальні витрати на деталь	K_o	38,34	71,89
Наведені витрати на деталь	W_o	252,22	180,17
Собівартість річної програми	C_p	492940,00	338780,00
Капітальні витрати на програму	$K_{\text{оріч}}$	76672,48	143776,87
Наведені витрати на програму	$W_{\text{річ}}$	504440,87	360346,53
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-144094,34	

Аналіз таблмці 4.17 показує, що придбання та використання високотехнологічного дорогого обладнання з найменшими поточними витратами на виробництво продукції в умовах багатосерійного типу виробництва часто є перешкодою для впровадження нових інноваційних технологій.

Розрахуємо критичний обсяг виробництва, при якому наведені витрати за варіантами рівні за формулою:

$$N_{\text{кр}} = \frac{(C_{2\text{пост}} - C_{1\text{пост}}) + 0,15 \cdot (K_2 - K_1)}{C_{13\text{м}} - C_{23\text{м}}} = \text{шт} \quad (4.13)$$

де $N_{\text{кр}}$ – критичний обсяг діяльності;

$C_{1\text{пост}}$ - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

$C_{2\text{пост}}$ - умовно-постійні витрати на річний обсяг виробництва;

E_H - нормативний коефіцієнт ефективності;

K_1 – капітальні витрати за першим варіантом;

K_2 – капітальні витрати за другим варіантом;

$C_{1\text{зм}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за першим варіантом;

$C_{2\text{зм}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за другим варіантом.

$$N_{\text{кр}} = \frac{0,15 \cdot (2062476 - 577200)}{246,47 - 169,39} = 2890,39 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{\text{кр}}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 2890,39 шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Освітленість робочого місця

Найбільшу кількість інформації про навколишній світ дає зоровий аналізатор [11]. У зв'язку з цим раціональне природне та штучне висвітлення в житлових приміщеннях та громадських будинках, на робочих місцях має велике значення для забезпечення нормальної життєдіяльності та працездатності людини. Світло як забезпечує нормальну життєдіяльність організму людини, а й визначає життєвий тонус і ритм. Недостатнє освітлення робочого місця ускладнює тривалу роботу, викликає підвищену втоми та сприяє розвитку короткозорості. Надто низькі рівні освітленості викликають апатію та сонливість, а в деяких випадках сприяють розвитку почуття тривоги. Тривале перебування в умовах недостатнього освітлення супроводжується зниженням інтенсивності обміну речовин в організмі та ослабленням його реактивності. До таких же наслідків призводить тривале перебування у світловому середовищі з обмеженим спектральним складом світла та монотонним режимом освітлення.

Надмірно яскраве світло сліпить, знижує зорові функції, призводить до перезбудження нервової системи, зменшує працездатність, порушує механізм сутінкового зору. Вплив надмірної яскравості може викликати фотоопіки очей та шкіри, кератити, катаракти та інші порушення.

Висвітлення, що відповідає технічним та санітарно-гігієнічним нормам, називається раціональним. Створення такого освітлення на виробництві, а особливо в освітніх установах є одним з найважливіших завдань охорони праці.

Світловий потік – потужність променистої енергії, що оцінюється за світловим відчуттям. Одиниця виміру – люмен (лм).

Освітленість (Е) визначається як світловий потік, що припадає на одиницю площі поверхні, що освітлюється. Одиниця виміру – люкс (лк), 1 лк

– освітленість поверхні 1 м², яку подає світловий потік 1 лм:

$$E = \Phi/S \quad (5.1)$$

де Φ – світловий потік, лм;

S – площа поверхні, яку падає світловий потік, м².

За типом джерела світла виробниче освітлення буває природним – за рахунок сонячного випромінювання (прямого та дифузно-розсіяного світла небесного купола) та штучним – за рахунок джерел штучного світла та змішане.

Природне освітлення, створюване природними джерелами світла, має високу біологічну і гігієнічну цінність і дуже впливає на психіку людини. Освітленість приміщень природним світлом залежить від світлового клімату даної місцевості, орієнтації вікон, якості та змісту шибок, фарбування стін, глибини приміщення, розмірів світлової поверхні вікон, а також предметів, що закривають світло та ін. виконано у вигляді бокового, верхнього або комбінованого (верхнє та бічне). Бокове освітлення відбувається через вікна у зовнішніх стінах, верхнє – через світлові ліхтарі, що знаходяться в перекриттях, комбіноване – через вікна та світлові ліхтарі. Природну освітленість усередині приміщень оцінюють коефіцієнтом природного освітлення (КЕО). КЕО визначається як відношення природної освітленості, що створюється в деякій точці заданої площини всередині приміщення світлом неба (безпосереднім або після відбиття), до одночасного значення зовнішньої горизонтальної освітленості, створюваної світлом повністю відкритого небосхилу, виражене у відсотках:

$$e = (E_B/E_H)100\% \quad (5.2)$$

де E_B – освітленість усередині приміщення, лк;

E_H – одночасна освітленість розсіяним світлом зовні, лк.

Нормоване значення КЕО залежить від характеру зорової роботи, виду освітлення (природне чи поєднане) та світлового кліматичного поясу. Нормами встановлено вісім розрядів зорових робіт - від робіт найвищої точності (I розряд) до робіт із загальним спостереженням за перебігом виробничого процесу (VIII розряд). В основу вибору КЕО перших семи розрядів покладено розмір об'єкта розрізнення. Висвітлення приміщення природним світлом характеризується КЕО ряду точок, розташованих на перетині вертикальної площини характерного розрізу приміщення та горизонтальній площині, що знаходиться на висоті 1 м над рівнем підлоги. Мінімальне значення КЕО в залежності від виконуваної роботи при верхньому та комбінованому освітленні повинне становити від 10 до 2 %, а при бічному освітленні 3,5–0,5 %; у найбільш віддаленій від вікон точці приміщення на робочій поверхні столу (парти) він повинен бути не менше 1,5%.

Найкращим видом природного освітлення для навчальних приміщень є бічне лівостороннє із застосуванням сонцезахисних пристроїв. При глибині навчальних приміщень понад 6 м обов'язкове влаштування правобічного підсвічування. Для створення гарного освітлення необхідно проводити очищення шибок не рідше 4 разів на рік зовні і не менше 1-2 разів на місяць зсередини. Вікна та інші світлові отвори забороняється захищати різними предметами.

При недостатньому природному висвітленні влаштовують штучне висвітлення. Штучне освітлення допомагає уникнути багатьох недоліків, характерних для природного освітлення, та забезпечить оптимальний світловий режим. Проте умови гігієни праці вимагають максимального використання природного освітлення, оскільки сонячне світло надає оздоровлюючу дію організм людини.

При недостатньому природному висвітленні у світлий час доби використовується і штучне світло. Таке освітлення називається змішаним.

Штучне освітлення за конструктивним виконанням буває двох видів: загальне та комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве,

створюване світильниками, що концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях. Загальне освітлення може бути робочим, аварійним та охоронним.

Робоче освітлення може бути загальним для забезпечення освітленості всього навчального приміщення та місцевим, що застосовується у разі недостатності загального освітлення парт, столів у читальних залах тощо. Важливою гігієнічною вимогою є захист очей від сліпучої дії світла, що досягається застосуванням відповідної освітлювальної арматури та нормуванням висоти підвісу та яскравості світильників. Найменша висота підвісу для ламп потужністю понад 200 Вт – 3 м від рівня підлоги.

Аварійне освітлення передбачається на випадки раптового вимкнення робочого освітлення. Охоронне освітлення передбачається обмеження небезпечних ділянок. Воно має забезпечувати освітленість лише на рівні землі 0,5–1 лк.

Застосування відкритих ламп небезпечне, тому їх використовують із додатковою арматурою (розсіювачі, затемнювачі, абажури та ін.), яка захищає очі людини від зайвої яскравості джерела світла, утворюючи захисний кут. Електричні лампи разом із арматурою зазвичай називають світильниками. Вибір джерел світла визначається їх електричними, світловими, кольірними характеристиками, розміром та формою колб, економічністю.

Для забезпечення розрахунків за освітленістю відповідно до СанПіну «Санітарними правилами утримання загальноосвітніх шкіл та навчальних приміщень шкіл-інтернатів» та «Природне освітлення та штучне освітлення» складено галузеві норми, що становлять значення освітленості для основних приміщень та робочих місць навчальних закладів.

У навчальних приміщеннях парти та столи розміщують так, щоб світло падало з лівого боку від учнів; висота підвіски світильників повинна бути не менше 2,5 м. Робочі місця в майстернях розташовують таким чином, щоб світло по можливості падало зліва, верстаки були розташовані перпендикулярно до вікон. Зазвичай люмінесцентні світильники або

світильники з лампами розжарювання необхідно містити в чистоті, їх очищення слід проводити не рідше 1 разу на 3 місяці.

Для підвищення освітленості за рахунок відбитого світла стіни, стелі, підлоги забарвлюють у світлі тони: стелі – білий колір, верхні частини стін – сірий, блакитний, нижні – коричневий, сірий, синій, темно-зелений. Правильно підібрані кольори сприятливо впливають на психіку людини, зменшують її зорову та загальну стомлюваність.

Оцінку освітленості в приміщеннях та на робочих місцях здійснюють прямим та непрямим методами. Прямий метод полягає у визначенні освітленості за допомогою люкметра, який є мікроамперметром, підключеним до фотоелементу (як правило, селеновим) і проградуєований в одиницях освітленості. Непрямий метод оцінки освітленості полягає у визначенні КЕО. Потім одержані показники порівнюють зі стандартами.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процесу виготовлення деталі «Втулка». Було економічно обґрунтовано отримання заготовки литтям у кокіль, розраховано масу заготовки 6,1 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,68. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки литтям у кокіль становив 3600 грн.

Був розроблений удосконалений маршрут виготовлення деталі, який містив замість токарної обробки на універсальних верстатах обробку на верстатах з ЧПК. За рахунок цих заходів зменшився загальний час оброблення деталі та собівартість її виготовлення, економія склала 111920 грн.

Для свердління отворів була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано робоче пристосування для свердлильної операції. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний гідроциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для перевірки радіального биття.

Розроблено планування дільниці з виробництва деталі «Втулка». Було визначено кількість технологічного обладнання – 8 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 5 чоловік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
2. Богуслаев В.О. Основы технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаев, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
5. 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.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.
7. 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.
8. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.
9. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.

10. 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.

11. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – 2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Формат Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
			<u>Документация</u>		
		НУЗП 293226.012	Складальне креслення		
			<u>Детали</u>		
	1		Корпус	1	
	2		Упор	1	
	3		Плита	1	
	4		Шток	1	
	5		Поршень	1	
	6		Кришка	1	
	7		Палець	3	
	8		Втулка	3	
	9		Стакан	1	
	10		Швидкозміна втулка	6	
	11		Постійна втулка	6	
	12		Оправка	1	
	13		Кільце	1	
	14		Штуцер	2	
	15		Шайба	1	
	16		Кришка	1	
			Стандартные изделия		
НУЗП 293226.012					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разработ.	Фенюшин				
Проб.	Тришин				
Н.контр.	Дядя				
Утв.	Дядя				
Кондуктор для сверління 6 отворів φ5			Лист	Лист	Листов
			1	1	2
			НУЗП М-111сп		

Корисність

Формат А1

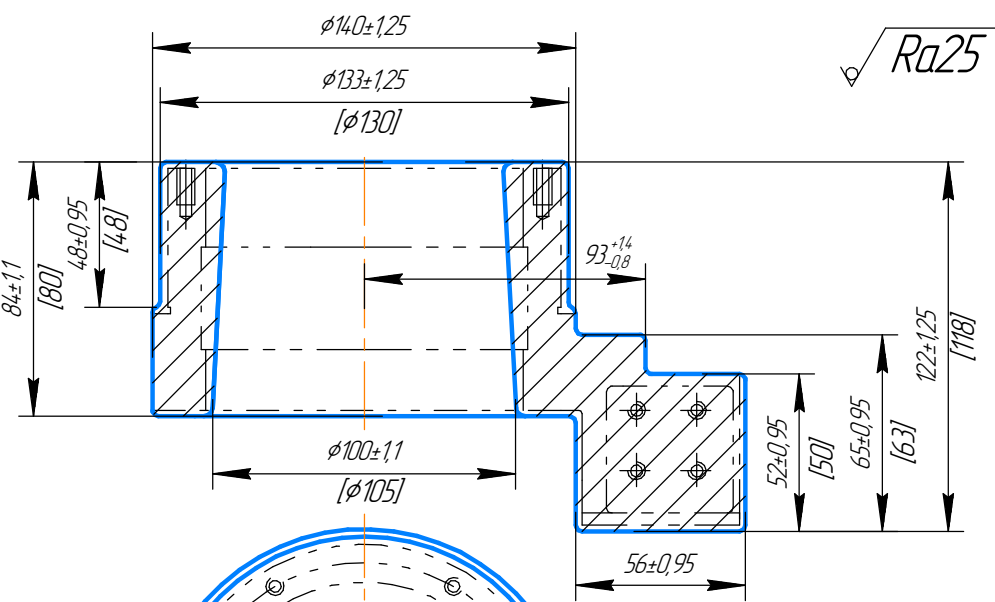
ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Цюбл.				
Взам				
Ориг.				

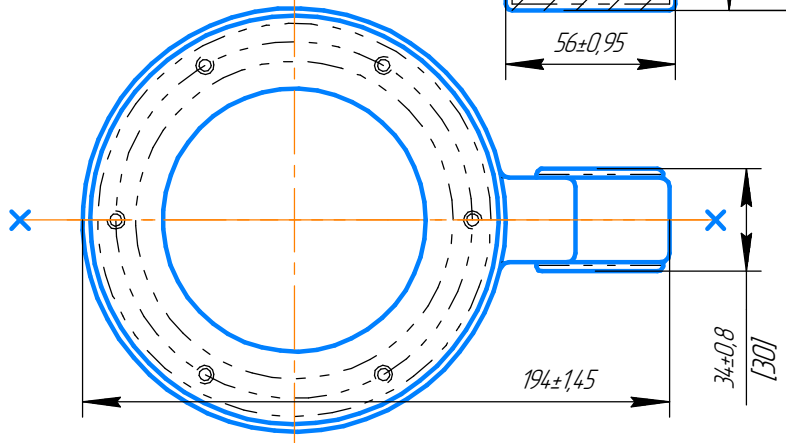
Гл.технолог
Нач. БПМ

Форма 170-162

Розроб.	Фенюшин					НУЗП 0214.124.012	1	1
Перевір.	Тришин					НУЗП 73564.2.012		М-111сп.6014.1.00005
Н.контр.	Дядя					Втулка		005



Технічні умови на заготовку			
Матеріал		Заготовка	
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір
Сплав Лц40С		Лиття в кокіль	φ140x122
Технічні умови		Маркування	Твердість
ГОСТ 17711-93			70..80 НВ
Сортамент		Допустима кривизна	
		0,68	
Розмір вихідного матеріалу	Кілдет. із заг.	Норма розходу	
		Розм. листа, прутка	Маса
	1		6,1



1. Заготовка – відливка. Група контролю по ОСТ 190074-72.
2. Невказані радіуси заокруглення – 2...3 мм.
3. Невказані нахили – 1...3°
4. Дефекти: раковини, забоїни не більше 0,5 допуску на обробку.

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.124.012 1 1

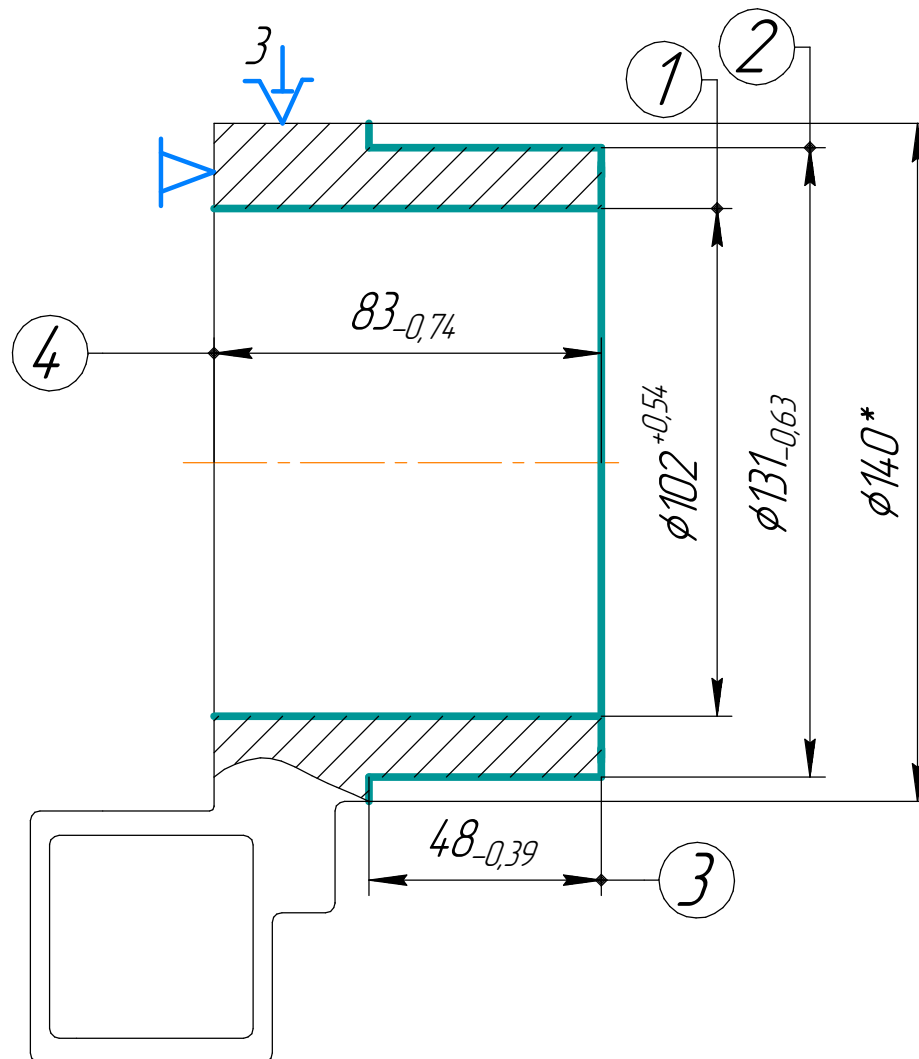
Розроб.	Фенюшин		
Перевір.	Тришин		
Н. контр.	Дядя		

НУЗП НУЗП 73564.2.012

М-111сп.2014.1.00015

Втулка

015

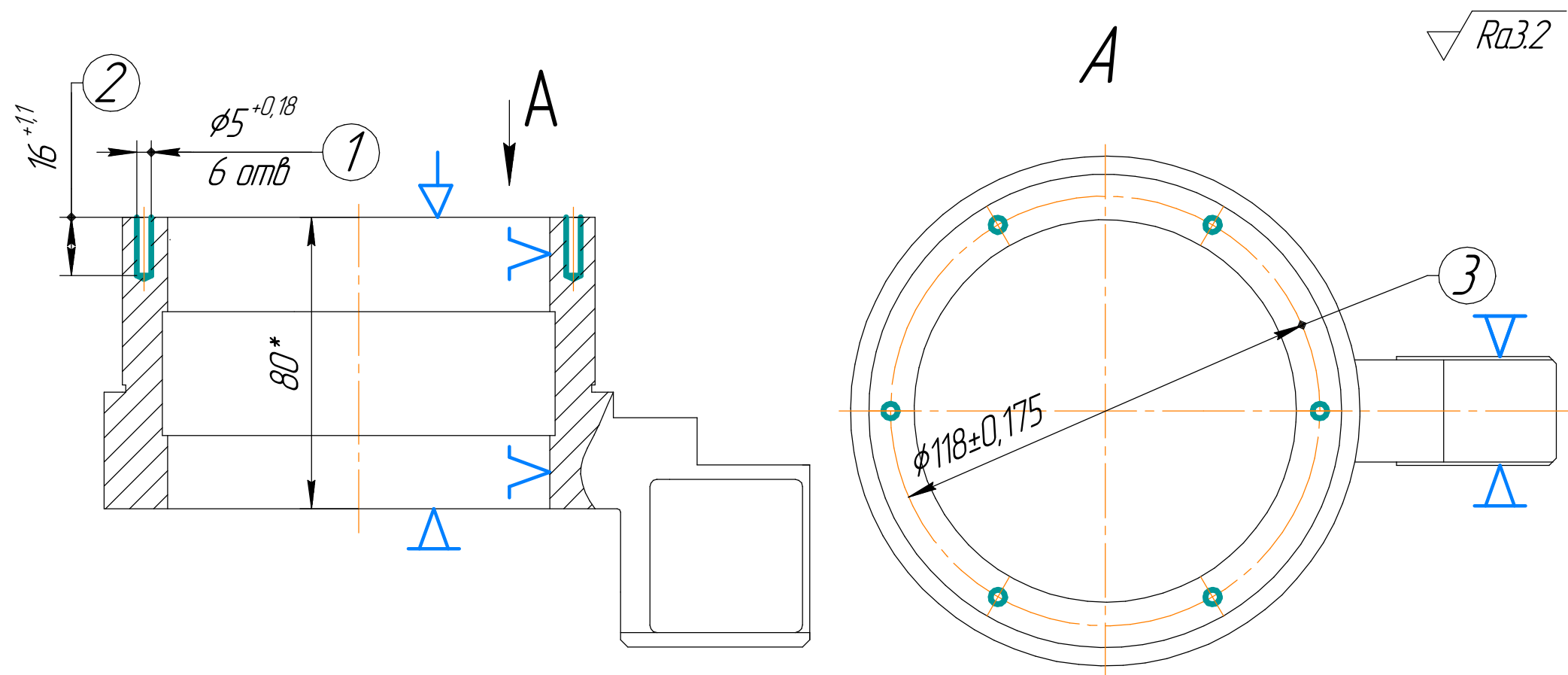


Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.124.012 1 1

Розроб.	Фенюшин			НУЗП	НУЗП 73564.2.012			М-111сп.2014.1.00035
Перевір.	Тришин							
Н. контр.	Дядя				Втулка			035



* розміри для довідок

КЭ								
----	--	--	--	--	--	--	--	--

Дудл.			
Взам.			
Підл.			

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

НУЗП 02.14.124.012

Листів 1

Лист 1

Розроб.	Фенюшин			НУЗП	НУЗП 73564.2.012	М-111сп.6014.1.00035					
Перевір.	Тришин										
Н.контр.	Дядя										035

Втулка

Найменування операції	Матеріал	Твердість	ОВ	МД	Проф. і розм.	МЗ	КВЗ
Радіально-свердлильна	Сплав Лц40С ГОСТ 17711-93	70..80 НВ	к2	4,2		6,1	0,68
Устаткування, пристрій ЧПК	Позначення програми	То	Тдоп	Тп.з.	Тш-к	30ТС	
Радіально-свердильний Holzmann Z3032X7P	-	1,4	0,95	17	3	5% емульсія "Українал-1" ТУ-38-101197-76	

Р	П	Д,В	L	t	i	S	п	V	
0 01	1. Встановити та закріпити деталь								$t_{вст}=0,4$ хв
Т 02	ПР Пристосування спеціальне								
03									
0 04	2. Свердлити шість отворів витримуючи розміри 1, 2, 3.								
Т 05	ВИ Патрон свердильний ГОСТ 8522-79								
06	РИ Свердло спіральне 2300-0174 Р9 ГОСТ 10902-77								
07	СИ Калібр-прабка 8133-0630 $\phi 5H12$ ГОСТ 14.810-69, шаблон спеціальний								
08	01	5	17,5	2,5	6	0,1	730	11	
09									
0 10	3. Зняти деталь								$t_{зн}=0,4$ хв
11									
12									
13									
14									
15									

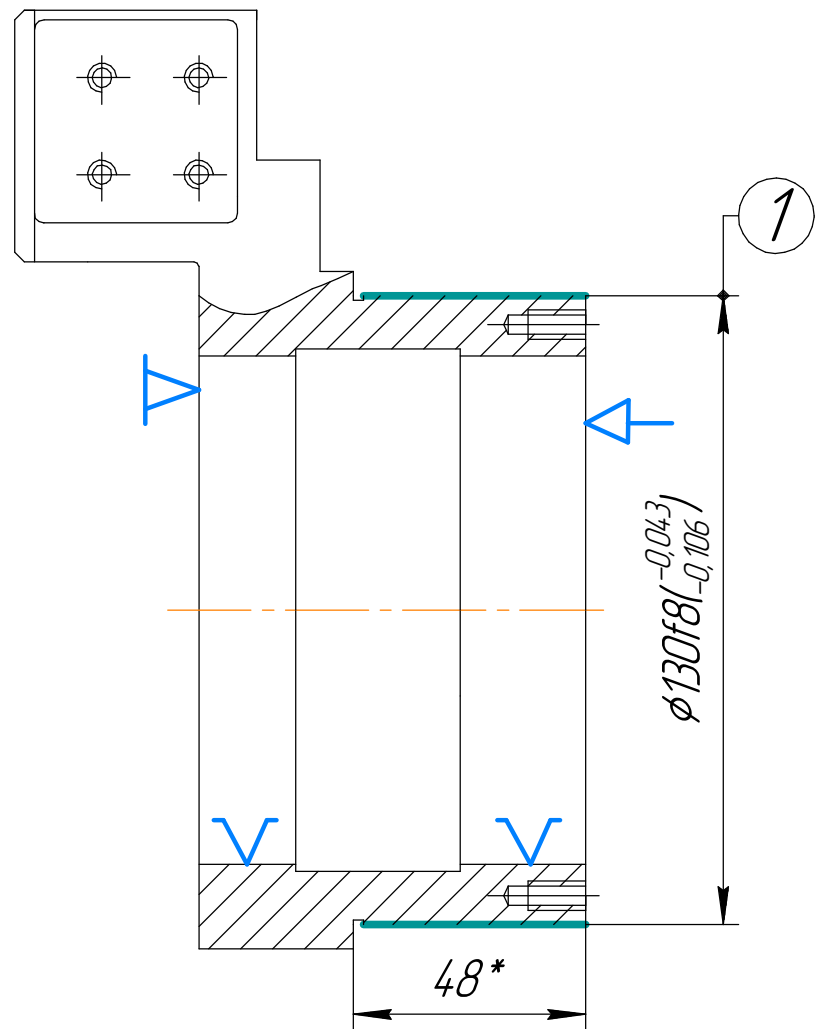
ОК

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.124.012 1 1

Розроб.	Фенюшин			НУЗП	НУЗП 73564.2.012			М-111сп.2014.1.00050
Перевір.	Тришин							
Н. контр.	Дядя				Втулка			050



* розміри для довідок

Дудл.			
Взам.			
Підл.			

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

НУЗП 0214.124.012

Листів 1

Лист 1

Розроб.	Фенюшин			НУЗП	НУЗП 73564.2.012			М-111сп.6014.1.00050				
Перевір.	Тришин											
Н.контр.	Дядя											050

Втулка

Найменування операції		Матеріал		Твердість	ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ
Круглошліфувальна		Сплав Лц40С ГОСТ 17711-93		70...80 НВ	к2	4,2			6,1	0,68
Устаткування, пристрій ЧПК		Позначення програми		То	Тдоп	Тп.з.	Тш-к	30ТС		
Круглошліфувальний KELLENBERGER 1000		-		0,085	0,6	27	1,42	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								$t_{вст}=0,1 \times \delta$
Т 02	ПР Центр 7032-0023 ГОСТ 13214-79, хомутик 7107-0065 ГОСТ 16488-70.								
03									
0 04	2. Шліфувати поверхню остаточно, витримуючи розмір 1								
Т 05	ВИ Оправка								
06	РИ 1 600x63x305 15А 40-Н СТ1 6 К8А 50 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83								
07	СИ Калібр-скоба 8113-0209 $\phi 130f8$ ГОСТ 18360-93.								
Р 08		01	600/130	0,15	48	1	0,2	1200/120	37/49
09									
0 10	3. Зняти деталь								$t_{зн}=0,1 \times \delta$
11									
12									
13									
14									
15									

ОК