

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)

дистанційна»»

Виконав: студент(ка) 4 курсу, групи Мз-110

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ТИЩЕНКО М.С.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник КОЗЛОВА О.Б.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

2024

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

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ТИЩЕНКО Максиму Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц., Козлова Олена Борисівна,
 (науковий ступінь, вчене звання, ПРІЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

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

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 14 червня 2024 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 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	ПРІЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	КОЗЛОВА О.Б., 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	14.06.2024	

Студент

_____ Максим ТИЩЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Олена КОЗЛОВА
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 88 с., 20 рис., 7 табл., 2 додатки, 10 джерел.

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

Об'єкт дослідження – деталь «Втулка дистанційна».

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

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Втулка дистанційна», 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 міцнісні 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 Службове призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва.....	10
1.3 Вибір методу отримання заготовки	11
1.4 Проектування маршруту обробки поверхонь	14
1.5 Вибір технологічних баз.....	18
1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі.....	18
1.7 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів.....	19
1.8 Призначення режимів різання та норм часу.....	24
1.8.1 Токарна операція № 015.....	24
1.8.2 Свердлильна операція № 035.....	27
1.8.3 Шліфувальна операція №090.....	30
1.9 Технічне нормування операцій.....	33
1.9.1 Технічне нормування токарної операції №015	33
1.9.2 Технічне нормування свердлильної операції №035	34
1.9.3 Технічне нормування шліфувальної операції №090.....	35
1.10 Розробка керуючої програми на свердлильну операцію з ЧПК.....	36
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	39
2.1 Проектування та розрахунок пристрою для свердління отворів.....	39
2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи пристрою.....	39
2.1.2 Обґрунтування способу базування.....	39
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі.....	41
2.1.4 Розрахунок пристосування на точність.....	44
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	46
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	44

2.3 Розрахунок деталі на міцність	46
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	50
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ....	54
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	67
5.1 Виробничий шум та вібрація	67
ВИСНОВКИ.....	71
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	72
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	74
Додаток Б. Технологічні карти.....	76

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипно горяче-штамповочний прес

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

У сучасних умовах розвитку промислового виробництва підвищення ефективності та якості виготовлення деталей є важливим аспектом забезпечення конкурентоспроможності підприємств. Одним із ключових напрямків вдосконалення виробничих процесів є впровадження верстатів з числовим програмним керуванням, що дозволяє значно підвищити точність обробки, скоротити виробничий цикл і знизити витрати на виробництво.

Ця дипломна робота присвячена розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка дистанційна». Робота має комплексний характер і включає в себе як технічні, так і організаційні аспекти виробництва, що дозволяє не лише забезпечити високу якість виготовлення деталі, але й оптимізувати виробничий процес в цілому. Впровадження розроблених рішень сприятиме підвищенню продуктивності праці, зниженню собівартості продукції та покращенню умов праці для персоналу.

Результати даної дипломної роботи можуть бути використані на практиці для вдосконалення виробничих процесів на підприємствах машинобудівної галузі.

Втулка дистанційна, виготовлена із сталі 10 (таблиця 1.1), забезпечує міцність, стійкість до зносу та довговічність. Сталь 10 має хорошу термічну і механічну стійкість, що робить її ідеальним вибором для роботи в умовах високих навантажень і змінних температур, характерних для редукторів. Такий матеріал забезпечує достатню твердість для стійкого зчеплення з підшипниками та іншими деталями редуктора.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 10 [1]

C	Fe	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.07 - 0.14	основа	0.17 - 0.37	0.35 - 0.65	до 0.3	до 0.04	до 0.035	до 0.15	до 0.3

1.2 Вибір типу виробництва

Залежно від розміру виробничої програми, характеру продукції, а також технічних та економічних умов здійснення виробничого процесу для деталі «Втулка дистанційна» тип виробництва обираємо як серійний [2].

Форму організації технологічних процесів (ТП) відповідно до ГОСТ 14312-74 обираємо як зміно-потоківу.

Партія деталей:

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

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

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

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

$$n = \frac{5 \cdot 5000}{250} = 100 \text{ шт.}$$

1.3 Вибір методу отримання заготовки

Для отримання заготовки для деталі «Втулка дистанційна» обираємо наступні методи:

- 1) Штампування на кривошипно горяче-штамповочному пресі (КГШП);
- 2) Прокат.

Розрахунок маси заготовок виконано за допомогою програмного забезпечення NX CAD (рис. 1.2, 1.3).

Собівартість отримання заготовки розраховуємо за формулою [3]:

$$C = \frac{C_6}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - \frac{(Q_{\text{заг}} - q)}{1000} \cdot S, \quad (1.2)$$

де C_6 – базова ціна 1 т заготовок;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

K_T – коефіцієнт, враховуючий точність заготовки [3];

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал [3];

K_C – коефіцієнт, враховуючий складність заготовки [3];

K_B – коефіцієнт, враховуючий масу заготовки [3];

K_{Π} – коефіцієнт, враховуючий програму випуску [3];

q – маса деталі;

S – вартість 1 т стружки [3]

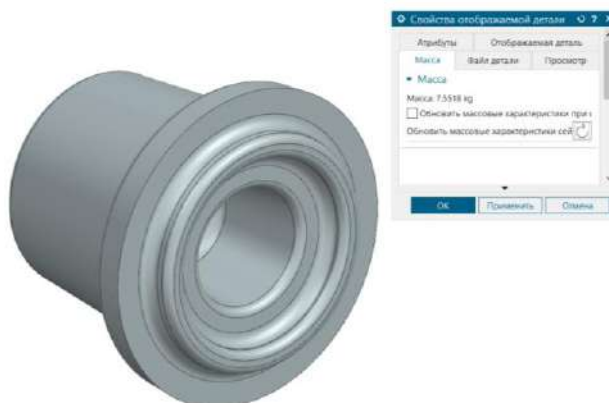


Рисунок 1.2 – Розрахунок маси для штамповки, отриманої на КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) [3]:

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

Для штамповки на КГШП:

$$C_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 7,55 \cdot 1,06 \cdot 1,21 \cdot 0,7 \cdot 0,93 \cdot 1 - \frac{(7,55-3,95)}{1000} \cdot 140 = 21,5 \text{ грн.}$$

$$\eta_1 = 3,95/7,55 = 0,52.$$

Для прокату:

$$C_2 = \frac{1140}{1000} \cdot 16,6 - \frac{(16,6-3,95)}{1000} \cdot 140 = 17,2 \text{ грн.}$$

$$\eta_2 = 3,95/16,6 = 0,24.$$

Всі розрахунки наведено в таблиці 1.2

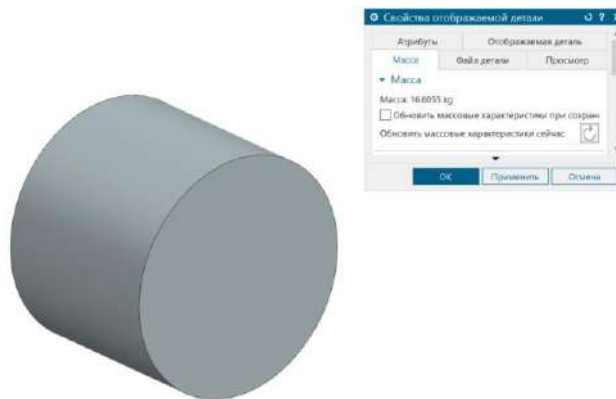


Рисунок 1.3 – Розрахунок маси прокату

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок [3]:

$$E_B = (C_2 - C_1) \cdot N. \quad (1.4)$$

$$E_B = (21,5 - 17,2) \cdot 5000 = 21500 \text{ грн.}$$

Таблиця 1.2 – Параметри заготовок

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіант заготовки	
			КГШП	Прокат
Маса	Q	кг	7,55	16,6
Базова ціна 1 т заготовок	C_B	грн	3500	1140
Коефіцієнти	K_T	—	1,05	
	K_M	—	1,8	
	K_B	—	0,9	
	K_3	—	0,78	
	K_{II}	—	1	
Вартість стружки	S	грн	140	140
Собівартість	C	грн	21,5	17,2
КВМ	η	—	0,52	0,24

Заощадження на металі при виготовленні заготовки штампуванням на КГШП:

$$M_e = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N. \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{3,95 \cdot (0,52 - 0,24)}{0,52 \cdot 0,24} \cdot 5000 = 44310,9 \text{ кг.}$$

Так як отримали значення $C_2 < C_1$, але $\eta_2 < \eta_1$, то порівнюємо додаткові витрати згідно формули:

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

$$B_1 = \frac{1140}{1000} \cdot 44310,9 = 50514,4 \text{ грн.}$$

Так як $B_1 > E_B$, то приймаємо виготовлення методом штампування на КГШП, як найбільш економічний метод.

1.4 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршруту обробки поверхонь (МОП) – це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідні досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. Розрізняють загальне уточнення та уточнення щодо переходів.

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;

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

де Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Уточнення для поверхні $\varnothing 94g6(-0.012_{0.034})$.

Розраховуємо загальні уточнення:

$$\varepsilon_d = \frac{2,0}{0,022} = 91,$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{0,5}{0,025} = 20,$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{0,8} = 62,5,$$

Превалюючим показником якості цієї поверхні є показник допуску, який потребує найбільшого уточнення. За переважаючим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки за формулою:

$$k \approx 2 \lg \varepsilon_d \quad (1.10)$$

$$k = 2 \lg 91 = 3,8$$

Приймаємо чотири переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між переходами за законом прогресивного зменшення.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

1) Для допуску – IT17 → h12 → h10 → h8 → g6.

2) Для шорсткості – Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8

Уточнення для точіння чорнового ($T_{D1}=350$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [6]):

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2000}{350} = 5,7.$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{50}{6,3} = 7,9.$$

Уточнення для точіння чистового ($T_{D2}=140$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [4]):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{350}{140} = 2,5.$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 5,7 \cdot 2,5 = 14,2 < \varepsilon_d = 91.$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 2 = 15,8 < \varepsilon_{Ra} = 62,5.$$

Уточнення для шліфування чорнового ($T_{D4}=54$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [4]):

$$\varepsilon_{d4} = \frac{140}{54} = 2,5.$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 14,2 \cdot 2,5 = 35,5 < \varepsilon_d = 91$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15,8 \cdot 2 = 31,6 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Уточнення для шліфування чистового ($T_{D5}=25$ мкм; $T_{Ra5}=0,8$ мкм [4]):

$$\varepsilon_{d5} = \frac{54}{22} = 2,5$$

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 35,5 \cdot 2,5 = 88,7 < \varepsilon_d = 91$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 31,6 \cdot 2 = 62,2 < \varepsilon_{Ra} = 62,5$$

Цим же методом робимо розрахунки і для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до таблиці 1.3

Таблиця 1.3 – МОП деталі.

Характер поверхонь	МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	ІТ	Метод оброб-ки	Розмір	Шор- ть	↑	Розмір	Шор- ть	↑
Ø94g6($\begin{smallmatrix} -0.012 \\ -0.034 \end{smallmatrix}$) Ra=0,8 ↑=0,025	17	Загот.	2000	50	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін. чорн.	350	6,3	200	5,7	7,9	2,5
	10	Точін. чист.	140	3,2	100	2,5	2	2
	8	Шліф. чорн.	54	1,6	50	2,5	3	2
	6	Шліф. чист.	22	0,8	25	2,5	2	2
Ø140g6($\begin{smallmatrix} -0.014 \\ -0.039 \end{smallmatrix}$) Ra=0,8 ↑=0,025	17	Загот.	2200	50	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін. чорн.	400	6,3	200	5,5	7,9	2,5
	10	Точін. чист.	160	3,2	100	2,5	2	2
	8	Шліф. чорн.	63	1,6	50	2,5	3	2
	6	Шліф. чист.	25	0,8	25	2,5	2	2
Ø106h7($\begin{smallmatrix} -0.035 \end{smallmatrix}$) Ra=0,8 ↑=0,05	17	Загот	2000	50	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін чорн.	350	6,3	200	5,7	7,9	2,5
	9	Точін чист	87	3,2	100-	4-	2	2
	7	Шліф.	35	1,6	50	2,5	3	2
12 $\begin{smallmatrix} -0,18 \end{smallmatrix}$ Ra=3,2 ↑=0,1	17	Загот	1800	50	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-200	-	-	-
	14	Точін чорн	430	6.3	100	4.2	7.9	2.5
	12	Точін чист	180	3.2		2.4	2	2

1.5 Вибір технологічних баз

На першій чорновій токарній операції в якості баз обираємо необроблену зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 140$ та крайній торець. Для наступних токарних операцій в якості баз використовуються вже механічно оброблені поверхні – це зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 140$, $\varnothing 94$ та крайній торець. Для свердлильних операцій в якості баз використовується зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 94$ та крайній торець. Для внутрішнього шліфування в якості баз обираємо зовнішню циліндричну поверхню $\varnothing 94$ та крайній торець. Для круглого шліфування в якості баз обираємо внутрішню циліндричну поверхню $\varnothing 62$ та крайній торець.

1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі

Складаємо загальну етапну схему виготовлення деталі – етапний маршрут виготовлення деталі (МВД):

- 1) отримання заготівлі,
- 2) термічна обробка (ТО),
- 3) механічна обробка:
 - чорнова токарна обробка,
 - чистова токарна обробка,
 - свердлильна обробка,
- 4) мийка,
- 5) контроль,
- 6) шліфування (чорнове, чистове),
- 7) мийка,
- 8) контроль.

1.7 Призначення припусків та розрахункових технологічних розмірів

Проводимо визначення припусків розрахунково-аналітичним методом для поверхні $\varnothing 94g6(-0.012_{-0.034})$.

Просторові похибки у заготівлі:

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

де $\rho_{зм}$ – неспіввісність осей шийок заготовки, $\rho_{зм} = 0,9$ мм [4],

$\rho_{кор}$ – похибка короблення.

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot l, \quad (1.12)$$

де $\Delta_{кор}$ – короблення заготовки, $\Delta_{кор} = 0,003$ мм [4]

l – довжина деталі, $l = 115$ мм.

$$\rho_{кор} = 0,003 \cdot 115 = 0,345 \text{ мм.}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0,345^2 + 0,9^2} = 0,964 \text{ мм.}$$

Просторові похибки для механічних операцій:

$$\rho_2 = K_{ут} \cdot \rho_1, \quad (1.13)$$

де $K_{ут}$ – коефіцієнт уточнення [4],

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 964 = 58 \text{ мкм.}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 58 = 2,3 \text{ мкм.}$$

$$\rho_5 = 0,03 \cdot 2,3 = 0,07 \text{ мкм.}$$

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,07 = 0 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = K_{ут} \cdot \varepsilon_2, \quad (1.14)$$

де K_{yt} – коефіцієнт уточнення [4],

ε_2 – похибка закріплення у трикулачковому патроні, $\varepsilon_2 = 400 \text{ мкм}$ [4].

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

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 16 = 0,5 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_6 = 0,03 \cdot 0,5 = 0 \text{ мкм.}$$

Шорсткість поверхонь по переходам:

- 1) Для заготовки: $Rz=200 \text{ мкм}$ и $h=250 \text{ мкм}$ [4]
- 2) Для чорнового точіння: $Rz=40 \text{ мкм}$ и $h=40 \text{ мкм}$,
- 3) Для точіння чистового: $Rz=20 \text{ мкм}$ и $h=20 \text{ мкм}$,
- 4) Для шліфування чорнового: $Rz=10 \text{ мкм}$ и $h=15 \text{ мкм}$,
- 5) Для шліфування чистового: $Rz=6,3 \text{ мкм}$ и $h=10 \text{ мкм}$.

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.15)$$

$$2z_2^{\min} = 2(200 + 250 + \sqrt{964^2 + 400^2}) = 2987 \text{ мкм.}$$

$$2z_3^{\min} = 2(40 + 40 + \sqrt{58^2 + 16^2}) = 280 \text{ мкм.}$$

$$2z_4^{\min} = 2(20 + 20 + \sqrt{2,3^2 + 0,5^2}) = 196 \text{ мкм.}$$

$$2z_5^{\min} = 2(10 + 15 + \sqrt{0,07^2 + 0^2}) = 50 \text{ мкм.}$$

Максимальний розмір поверхні деталі:

$$d_5^{\max} = d_5^{\min} + ES_{d5} \quad (1.16)$$

$$d_5^{\max} = 94 - 0,012 = 93,988 \text{ мм.}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.17)$$

$$d_4^{\max} = 93,988 + 0,05 + 0,054 = 94,092 \text{ мкм.}$$

$$d_3^{\max} = 94,092 + 0,14 + 0,196 = 94,428 \text{ мкм.}$$

$$d_2^{\max} = 94,428 + 0,35 + 0,28 = 95,058 \text{ мкм.}$$

$$d_1^{\max} = 95,058 + 2,987 + 2,0 = 100,045 \rightarrow 100 \text{ мкм.}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.18)$$

$$d_5^{\min} = 93,988 - 0,022 = 93,966 \text{ мм.}$$

$$d_4^{\min} = 94,092 - 0,054 = 94,038 \text{ мм.}$$

$$d_3^{\min} = 94,428 - 0,14 = 94,288 \text{ мм.}$$

$$d_2^{\min} = 95,058 - 0,35 = 94,708 \text{ мм.}$$

$$d_1^{\min} = 100 - 2 = 98 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.19)$$

$$2z_2^{\max} = 100 - 94,708 = 5,292 \text{ мм.}$$

$$2z_3^{\max} = 95,058 - 94,288 = 0,77 \text{ мм.}$$

$$2z_4^{\max} = 94,428 - 94,038 = 0,39 \text{ мм.}$$

$$2z_5^{\max} = 94,092 - 93,966 = 0,126 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.20)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.21)$$

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

$$2z_0^{\max} = 100 - 93,966 = 6,034 \text{ мм.}$$

$$2z_0^{\min} = 98 - 93,988 = 4,012 \text{ мм.}$$

$$TD_0 = 2 + 0,022 = 2,022 \text{ мм.}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 6,034 - 4,012 = 2,022 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 98,7^{+1,3}_{-0,7}$ мм.

На інші поверхні припуски призначенні табличним метод. За цим методом припуски на всі переходи приймаються за таблицями довідкової літератури [4]:

Для поверхні $\varnothing 140(-0,014_{-0,039})$:

1. Чорнове точіння – 4 мм.
2. Чистове точіння – 1,5 мм.
3. Шліфування чорнове – 0,5 мм.
4. Шліфування чистове – 0,2 мм.

Для поверхні $\varnothing 106(-0,035)$:

1. Чорнове точіння – 4 мм.
2. Чистове точіння – 1,5 мм.
3. Шліфування – 0,5 мм.

Для поверхні $12_{-0,18}$:

1. Чорнове точіння – 4 мм.
2. Чистове точіння – 1,5 мм.

Отримані результати заносимо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Припуски на механічну обробку

Поверхня	i	МОП	Допуск мм	Граничні значення розміру, мм		Граничні значення припуску, мм		Виконавчий розмір, мм
			Td	$d_i^{\max}$	$d_i^{\min}$	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
Ø94($^{-0.012}_{-0.034}$)	17	Загот	2000	100	98	-	-	Ø 98,7($^{+1,3}_{-0,7}$) Ø95 $_{-0,35}$ Ø94,4 $_{-0,14}$ Ø94,09 $_{-0,054}$ Ø94($^{-0.012}_{-0.034}$)
	-	ТО	-	-	-	-	-	
	12	Точін. чорн.	350	95,058	94,708	5292	2987	
	10	Точін. чист.	140	94,428	94,288	770	280	
	8	Шліф. чорн.	54	94,092	94,038	390	196	
	6	Шліф. чист.	22	93,988	93,966	126	50	
						6,034	4,012	
Ø140($^{-0.014}_{-0.039}$)	17	Загот	2200	149	146,8	-	-	Ø147,6($^{+1,4}_{-0,8}$) Ø142,8 $_{-0,4}$ Ø140,9 $_{-0,16}$ Ø140,25 $_{-0,063}$ Ø140($^{-0.014}_{-0.039}$)
	-12	ТО	-	-	-	-	-	
	10	Точін. черн.	400	142,809	142,409	6591	4000	
	8	Точін. чист.	160	140,909	140,749	2060	1500	
	7	Шліф. чорн.	63	140,249	140,186	723	500	
		Шліф. чист.	40	139,986	139,961	288	200	
						9,039	6,814	
Ø106($_{-0.035}$)	17	Загот	2000	114,4	112,4	-	-	Ø113,1($^{+1,3}_{-0,7}$) Ø108,4($_{-0.35}$) Ø106,6($_{-0.087}$) Ø106($_{-0.035}$)
	-12	ТО	-	108,437	108,087	6313	4000	
	9	Точін чорн.	350	106,587	106,5	1937	1500	
	7	Точін чист	87	-	-	-	-	
		Шліф.	35	106	105,965	622	500	
						8,435	6,4	
12 $_{-0,18}$	17	Загот	1800	19,7	17,9	-	-	18,5($^{+1,2}_{-0,6}$) 13,9 $_{-0,43}$ 12 $_{-0,18}$
	-	ТО	-	-	-	-	-	
	14	Точін чорн.	430	13,93	13,5	6200	4000	
	12	Точін чист	180	12	11,82	2110	1500	
						7,88	5,9	

1.8 Призначення режимів різання та норм часу

1.8.1 Токарна операція № 015

Чорнова токарна обробка (рис. 1.4) виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) PUMA 600. Пристосування – патрон трикулачковий. На операції виконується три переходи: точіння зовні, свердління, розточування отвору. Інструмент: різець підрізний Т15К6 ГОСТ 18880-73, різець розточний Т15К6 ГОСТ 18883-73, свердло Ø50 Р6М5 ГОСТ 10903-77 [5].

Технічні характеристики верстата:

- 1) переміщення по осі x – 200 мм;
- 2) переміщення по осі z – 406 мм;
- 3) максимальний діаметр деталі – 419 мм;
- 4) найбільша довжина заготовки – 1600 мм;
- 5) максимальна швидкість – 50...600 об/хв;
- 6) прискорені переміщення по осях x і z – 30,5 мм/хв;
- 7) максимальна потужність – 12 кВт;
- 8) кількість інструментів – 12.

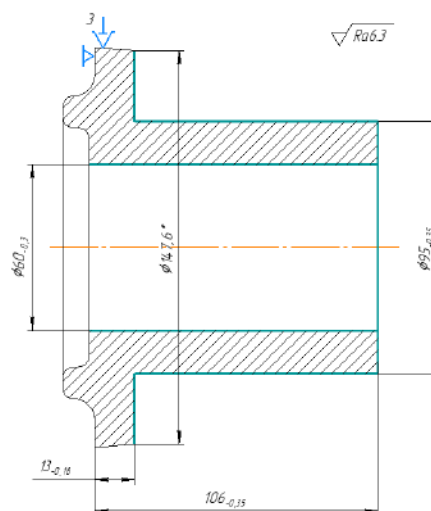


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз

Розрахуємо режими різання для першого переходу – точіння зовні.

Подача розраховується за формулою [6]:

$$S = S^{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{Sz} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm}, \quad (1.23)$$

де $S^{табл}$ – табличне значення, $S^{табл}=0,25$ мм/об [6].

K_{Sn} – коефіцієнт стану поверхні заготовки, $K_{Sn}=0,8$ [6];

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

$K_{S\phi}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує форму оброблюваної поверхні, $K_{S\phi}=1,07$ [6];

$K_{Sж}$ – поправочний коефіцієнт, що враховує жорсткість деталі, $K_{Sж}=0,62$ [6];

K_{Sm} – поправочний коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу, $K_{Sm}=1,0$ [6].

$$S_p = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,62 \cdot 1,07 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо по верстату $S=0,2$ мм/об.

Глибина різання:

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

де $D_{заг}$ – розмір заготовки, мм;

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

$$t = \frac{98,7 - 95}{2} = 1,85 \text{ мм.}$$

Швидкість різання розраховується за формулою [6]:

$$V_p = V^{табл} \cdot K_{VM} \cdot K_{VI} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vж} \cdot K_{VI} \cdot K_{VO}, \quad (1.25)$$

де $V^{табл}$ – табличне значення, $V^{табл}=219$ м/хв [6].

K_{VM} – коефіцієнт оброблюваності матеріалу, $K_{VM}=0,8$ [6];

K_{VI} – коефіцієнт матеріалу інструменту, $K_{VI}=1,0$ [6];

$K_{V\varphi}$ – коефіцієнт головного кута в плані, $K_{V\varphi}=1$ [6];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує вид обробки, $K_{VT}=0,7$ [6];

$K_{VЖ}$ – коефіцієнт жорсткості деталі, $K_{VЖ}=0,85$ [6];

K_{VII} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовлі, $K_{VII}=0,9$ [6];

K_{VO} – коефіцієнт, що враховує вплив змашувально-охолоджувальне технологічне середовище (ЗОТС), $K_{VO}=1,0$ [6].

$$V_p = 219 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 153,8 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою:

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

$$n = \frac{1000 \cdot 153,8}{3,14 \cdot 147,6} = 331,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату: $n=300$ об/хв.

Дійсна швидкість різання розраховується за формулою:

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

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 147,6}{1000} = 139 \text{ м/хв.}$$

Розрахунок режимів різання для інших переходів наведено в таблиці 1.5.

Визначаємо основний час:

$$t_o = \frac{l_p + l_{вр} + l_{пр}}{n \cdot S} i, \quad (1.26)$$

де l_p – довжина різання;

$l_{вр} + l_{пр}$ – довжина врізання та перебігу;

i – кількість проходів.

$$t_{01} = \frac{119,3+2+2}{300 \cdot 0,2} \cdot 2 = 4,1 \text{ хв.}$$

$$t_{02} = \frac{106+2+2}{500 \cdot 0,2} \cdot 5 = 2,2 \text{ хв.}$$

$$t_{03} = \frac{106+2+14,7}{150 \cdot 0,2} \cdot 1 = 4,1 \text{ хв.}$$

$$t_0 = 4,1 + 2,2 + 4,1 = 10,4 \text{ хв.}$$

1.8.2 Свердлильна операція № 035

Свердління чотирьох отворів (рис. 1.5) виконуємо на радіально-свердлильному верстаті моделі 2М55. В якості інструменту обираємо спіральне свердло $\phi 8$ Р6М5 ГОСТ 10902-77 [5].

Технічні характеристики верстата:

- 1) Найбільший діаметр свердління – 35 мм;
- 2) Найбільший хід шпинделя – 225 мм;
- 3) Найбільше вертикальне переміщення столу – 325 мм;
- 4) Найбільша відстань від торця шпинделя до столу – 750 мм;
- 5) Конус в отворі шпинделя – 5;
- 6) Частота обертання шпинделя – 68-1100 об/хв
- 7) Число подач шпинделя – 12
- 8) Розміри робочої поверхні столу – 500x450 мм
- 9) Потужність електродвигуна – 4,5 кВт.

Глибина свердління за формулою (1.24):

$$t = \frac{8}{2} = 4 \text{ мм.}$$

Подача по формулі (1.23):

де $S^{\text{табл}}$ – табличне значення, $S^{\text{табл}}=0,2$ мм/об [6].

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{SI}=1,0$ [6];

$K_{SЖ}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість системи, $K_{SЖ}=0,75$ [6];

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

K_{Sd} – коефіцієнт, що враховує наскрізний отвір, $K_{Sd}=1,0$ [6];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу, $K_{SM}=0,75$ [6].

$$S_p = 0,2 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,11 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S=0,1$ мм/об.

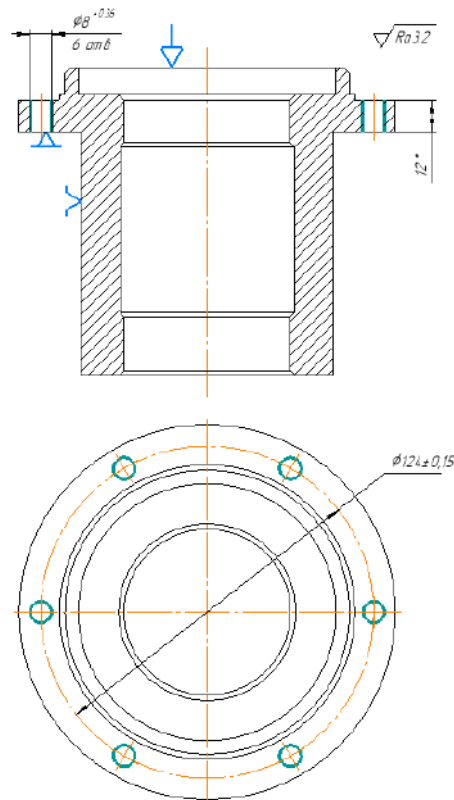


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.25):

де $V_{\text{табл}}$ – табличне значення, $V_{\text{табл}}=31 \text{ м/хв}$ [6].

K_{VM} – коефіцієнт стійкості матеріалу, $K_{VM}=0,8$ [6];

K_{VII} – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту, $K_{VII}=0,7$ [6];

K_{vd} – коефіцієнт, що враховує подачу, $K_{vd}=0,92$ [6];

K_{vl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління, $K_{vl}=0,9$ [6];

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

$$V_p = 31 \cdot 0.8 \cdot 0.7 \cdot 0.92 \cdot 0.9 = 19,8 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.26):

$$n = \frac{1000 \cdot 19,8}{3,14 \cdot 8} = 788 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по верстату: $n=750$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.27):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 8 \cdot 750}{1000} = 19 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо основний машинний час обробки за формулою:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{nS} \cdot n, \text{ хв} \quad (1.27)$$

де l – довжина різання, $l=12$ мм;

l_2 – перебіг свердла, $l_{\text{пер}}=2$ мм;

l_1 – довжина врізання;

i – кількість отворів, $i=6$.

$$l_1 = \frac{D_{\text{св}}}{2 \text{tg} 60}, \text{ мм} \quad (1.28)$$

$$l_1 = \frac{8}{2 \text{tg} 60} = 2,3 \text{ мм,}$$

$$t_o = \frac{2,3+2+12}{0,1 \cdot 750} \cdot 6 = 1,3 \text{ хв.}$$

1.8.3 Шліфувальна операція №090

Чистове шліфування крайньої шийки виконуємо на круглошліфувальному верстаті моделі M1420E/1000. Інструмент: шліфувальне круг 1 600x63x305 15A 40H CT1 6 K8 A 50 м/с ГОСТ 2424-83 [5]. Пристосування – центр, хомутик повідковий. Операційний ескіз зображено на рис. 1.6.

Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільший діаметр оброблюваної заготовки – 200мм;
- 2) найбільша довжина оброблюваної заготовки – 700 мм;
- 3) частота обертання круга – 1272об/хв;
- 4) частота обертання шпинделя (безступінчаста) – 63...400 об/хв;
- 5) потужність – 7,5 кВт.

Припуск на обробку $Z_{\max}=0,288/2=0,144$ мм згідно таблиці 1.4.

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

Подача радіальна розраховуємо по формулі (1.23):

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.

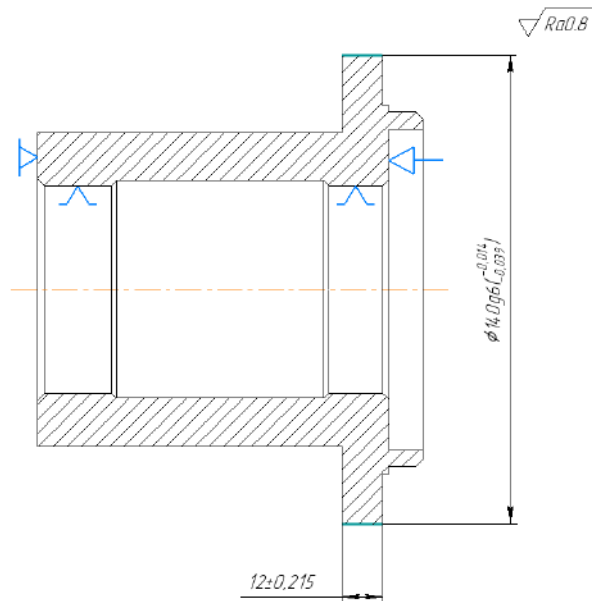


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

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

Частоту обертання розраховуємо за формулою:

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot V_{ш.дет.}}{\pi \cdot d}, \text{ об/хв}, \quad (1.29)$$

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 140} = 114 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{ш.кр.}=1272$ об/хв, $n_{дет.}=100$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.25):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 100}{1000} = 44 \text{ м/хв},$$

$$V_{ш.кр.} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60}, \quad (1.30)$$

$$V_{ш.кр.} = \frac{3,14 \cdot 600 \cdot 1272}{1000 \cdot 60} = 40 \text{ м/с.}$$

Визначаємо основний час:

$$T_o = \frac{z \cdot k}{n_{\text{дет}} \cdot S_{\text{поп}}}, \text{ хв} \quad (1.31)$$

де $k=1,7$ – коефіцієнт уточнення.

$$T_o = \frac{0,144 \cdot 1,7}{100 \cdot 0,0025} = 1 \text{ хв}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.5.

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
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	01	1,85	2	0,2	139	300
	02	25	1	0,2	23,5	150
	03	1	2	0,2	123	500
020 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,2	125	400
	02	1,5	2	0,2	120	450
025 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	20	350
	02	0,5	2	0,1	122	400
030 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	122	350
	02	0,5	2	0,1	122	500
035 Свердлильна	01	4	6	0,1	19	750
040 Свердлильна	01	1	4	0,05	10	1500
	02	2,5	4	0,1	23	1500
	03	1	4	0,1	25	1000
	04	0,5	4	1	9	500
045 Свердлильна	01	1	4	0,05	10	1500
	02	2,5	4	0,1	23	1500
	03	1	4	0,1	25	1000
	04	0,5	4	1	9	500
065 Внутрішньошліфувальна	01	0,05	20	0,5	45/42	400/10000
070 Круглошліфувальна	02	0,05	5	0,2	44/40	150/1272
075 Круглошліфувальна	03	12	1	0,005	44/40	100/1272
080 Внутрішньошліфувальна	04	0,2	10	0,5	45/42	400/10000
085 Круглошліфувальна	01	0,1	3	0,2	44/40	150/1272
090 Круглошліфувальна	01	12	1	0,0025	44/40	100/1272

1.9 Технічне нормування операцій

1.9.1 Технічне нормування токарної операції №015

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{в}} + t_{\text{х}}, \quad (1.32)$$

де $t_{\text{в}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{в.у}}=0,9$ хв [7];

$t_{\text{х}}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{\text{м.в}}=0,2$ хв [7].

$$t_{\text{доп}} = 0,9 + 0,2 = 1,1 \text{ хв.}$$

Оперативний час:

$$t_{\text{оп}} = t_{\text{о}} + t_{\text{доп}}, \quad (1.33)$$

$$t_{\text{оп}} = 10,4 + 1,1 = 11,5 \text{ хв.}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha, \quad (1.34)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha=10\%$ [7].

$$t_{\text{дод}} = 11,5 \cdot 0,1 = 1,15 \text{ хв.}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}}, \quad (1.35)$$

$$t_{\text{шт}} = 11,5 + 1,15 = 12,65 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{п.з}}}{n}, \quad (1.36)$$

де $t_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заключний час, $t_{\text{п.з}}=20$ хв [7].

$$t_{\text{шт-к}} = 12.65 + \frac{20}{100} = 12.85 \text{ хв.}$$

1.9.2 Технічне нормування свердлильної операції №035

Допоміжний час за формулою (1.32):

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

$t_{\text{х}}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{\text{м.в}}=0,3$ хв [8].

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

Оперативний час за формулою (1.33):

$$t_{\text{оп}} = 1,3 + 0,6 = 1,9 \text{ хв.}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.34):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha=10\%$ [7].

$$t_{\text{дод}} = 1,9 \cdot 0,1 = 0,19 \text{ хв.}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{шт}} = 1,9 + 0,19 = 2,09 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою (1.36):

де $t_{\text{п.з}}$ – підготовчо-заключний час, $t_{\text{п.з}}=18$ хв [7].

$$t_{\text{шт-к}} = 2,09 + \frac{18}{100} = 2,27 \text{ хв.}$$

1.9.3 Технічне нормування шліфувальної операції №090

Допоміжний час за формулою (1.32):

де t_b – час на встановлення та зняття деталі, $t_{b,y}=0,3$ хв [7];

t_x – час допоміжних ходів верстата, $t_{m.b}=0,2$ хв [7].

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

Оперативний час за формулою (1.33):

$$t_{оп} = 1 + 0,5 = 1,5 \text{ хв.}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.34):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha=10\%$ [7].

$$t_{дод} = 1,5 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ хв.}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.35):

$$t_{шт} = 1,5 + 0,15 = 1,65 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно - калькуляційний час за формулою (1.36):

де $t_{п.з}$ – підготовчо-заключний час, $t_{п.з}=25$ хв [7].

$$t_{шт-к} = 1,65 + \frac{25}{100} = 1,9 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку норм часу для решти операцій представлено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати розрахунку норм часу

Номер та назва операції	t_o , хв	$t_{доп}$, хв	$t_{дод}$, хв	$t_{шт}$, хв	$t_{пз}$, хв	$t_{шт-к}$, хв
015 Токарна з ЧПК	10,4	1,1	1,15	12,65	20	12,85
020 Токарна з ЧПК	12	1,1	1,31	14,41	20	14,61
025 Токарна з ЧПК	18	1,1	1,91	21,01	20	21,21
030 Токарна з ЧПК	22	1,1	2,31	25,41	20	25,61
035 Свердлильна	1,3	0,6	0,19	2,09	18	2,27
040 Свердлильна	8	0,8	0,88	9,68	17	9,85
045 Свердлильна	8	0,8	0,88	9,68	17	9,85
065 Внутрішньошліфу- вальна	3,2	1,3	0,45	4,95	22	5,17
070 Круглошліфувальна	4	0,5	0,45	4,95	25	5,20
075 Круглошліфувальна	2	0,5	0,25	2,75	25	3,00
080 Внутрішньошліфу- вальна	1,5	1,3	0,28	3,08	22	3,30
085 Круглошліфувальна	1,2	0,5	0,17	1,87	25	2,12
090 Круглошліфувальна	1	0,5	0,15	1,65	25	1,90

1.10 Розробка керуючої програми на свердлильну операцію з ЧПК

Для свердління чотирьох отворів розробимо керуючу програму (КП) за допомогою програми NX CAM. Перед початком розробки КП було визначено моделі деталі та заготовки (рис. 1.7).

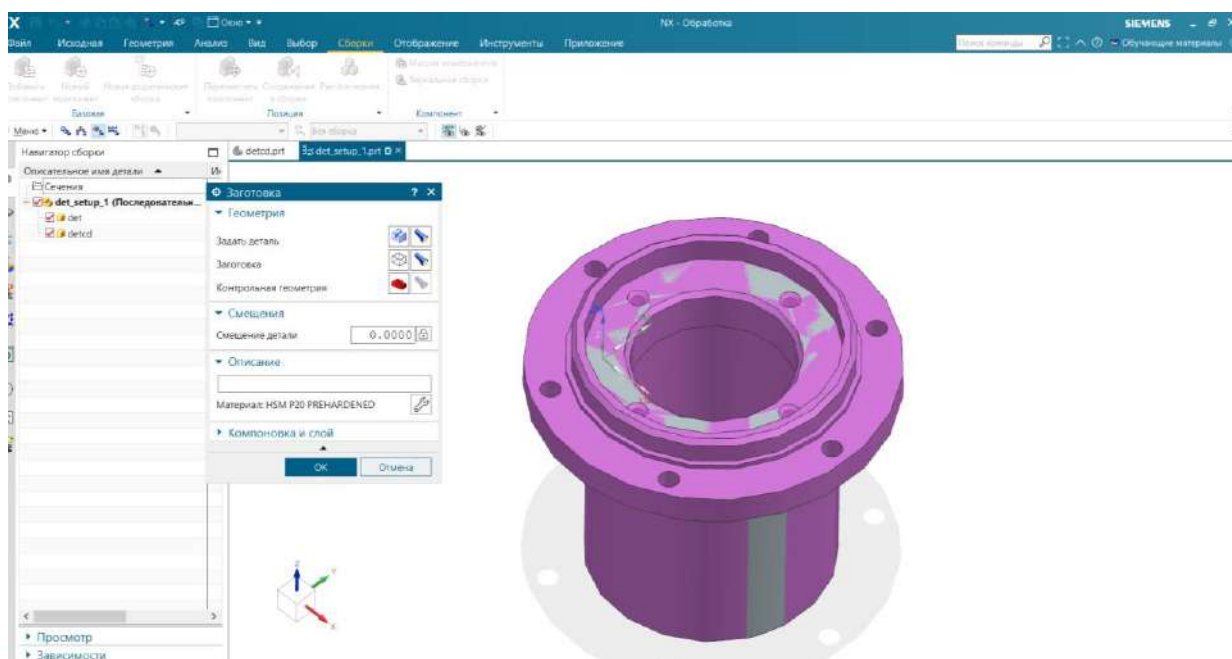


Рисунок 1.7 – Визначення моделей

Потім в програмі створено необхідний інструмент (рис. 1.8): центрове свердло, спіральне свердло, зенковку, мітчик.

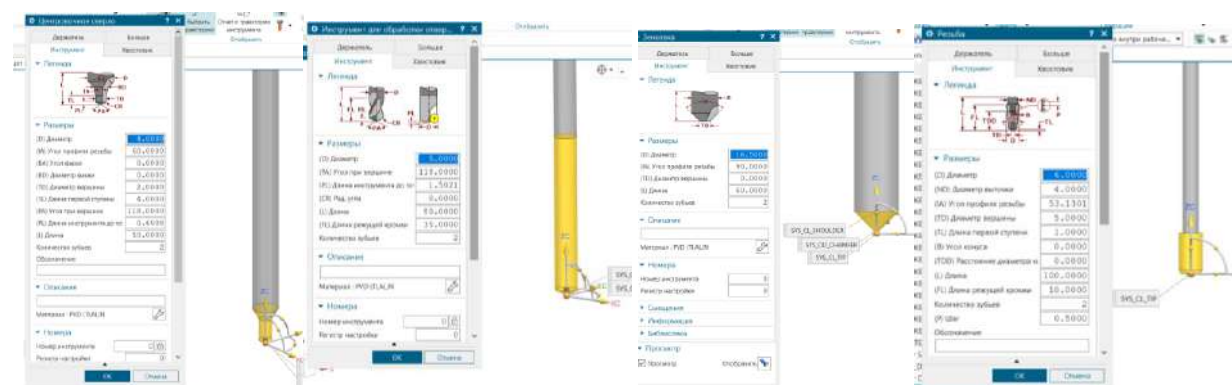


Рисунок 1.8 – Створення інструменту

Далі було створено чотири переходи обробки: центрування отворів, свердління отворів, обробка фасок, нарізання різьби. Завданні всі необхідні параметри обробок та згенеровано траєкторії руху інструментів (рис. 1.9).

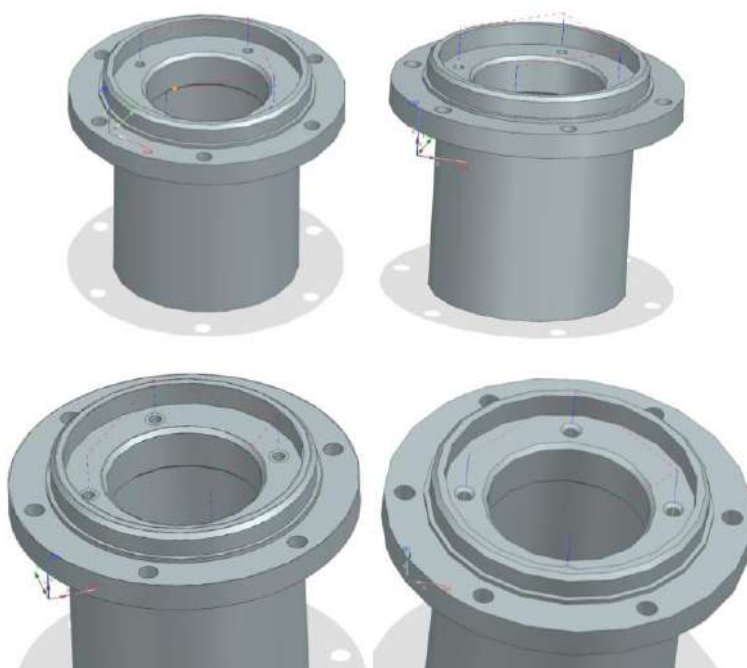


Рисунок 1.9 – Траєкторія руху інструменту

Після перевірки траєкторій було проведено симуляцію переходів обробки (рис. 1.10) та згенеровано код КП.

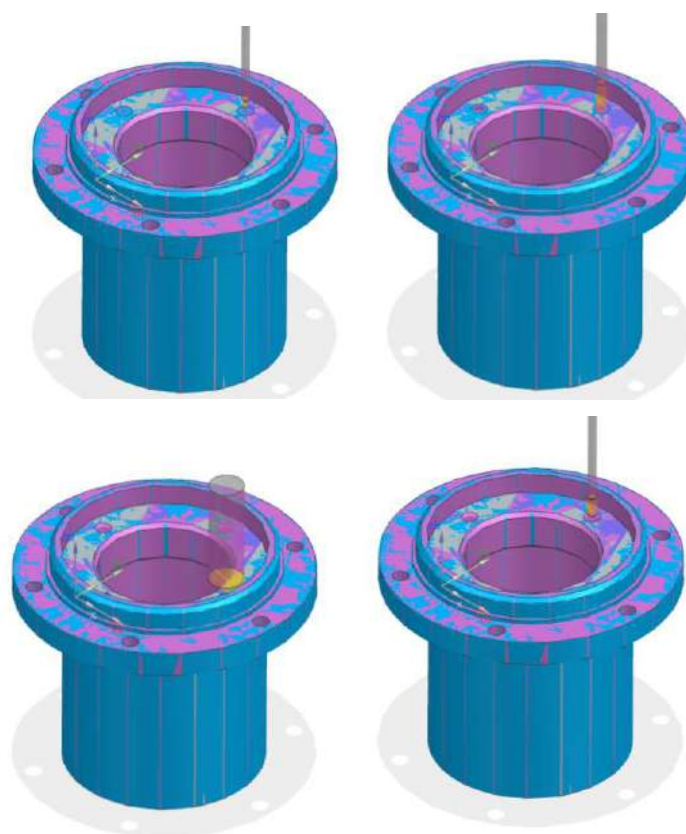


Рисунок 1.10 – Симуляція обробки

вується за формулою [8]:

$$\varepsilon_{\theta} = \sqrt{\varepsilon_{\phi}^2 + \varepsilon_z^2}, \quad (2.1)$$

де ε_{ϕ} – похибка базування;

ε_z – похибка закріплення

Деталь встановлюється на отвір оправки по поверхні $\varnothing 94$ (рис. 2.2). Для такого базування похибка дорівнює [8]:

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

де S_{max} - максимальний зазор в з'єднанні.

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

$$S_{\text{max}} = 94,435 - 94,386 = 0,175 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{\text{баз}} = 0,175 / 2 = 0,087 \text{ мм.}$$

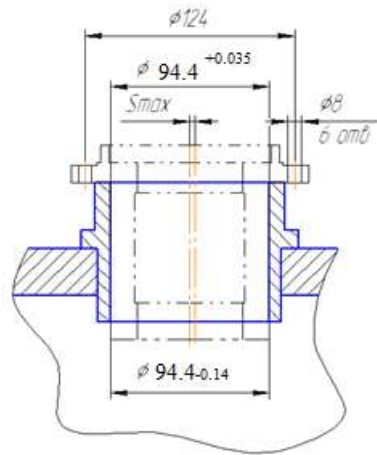


Рисунок 2.2 – Схема встановлення

Похибка закріплення дорівнює нулю, так як напрям сили закріплення перпендикулярний розміру на обробку.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\theta} = \sqrt{0,087^2 + 0^2} = 0,087 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_B = 0,087\text{мм} < \frac{1}{3} \dots \frac{1}{4} Td = \frac{1}{3} \cdot 0,3 = 0,1\text{мм}.$$

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі

Дійсна сила затиску W з урахуванням коефіцієнта k дорівнює:

$$W_o = \frac{3 \cdot M_{рез} \cdot k}{f \left[\left(\frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} \right) + \left(\frac{D_1^3 - d_1^3}{D_1^2 - d_1^2} \right) \right]}, \quad (2.4)$$

де D, d, D_1, d_1 – конструктивні розміри $D=112\text{мм}$, $d=94\text{мм}$, $D_1=118\text{мм}$, $d_1=98\text{мм}$.

k – коефіцієнт запасу закріплення.

Схема для розрахунку сили затиску зображена на рис. 2.3.

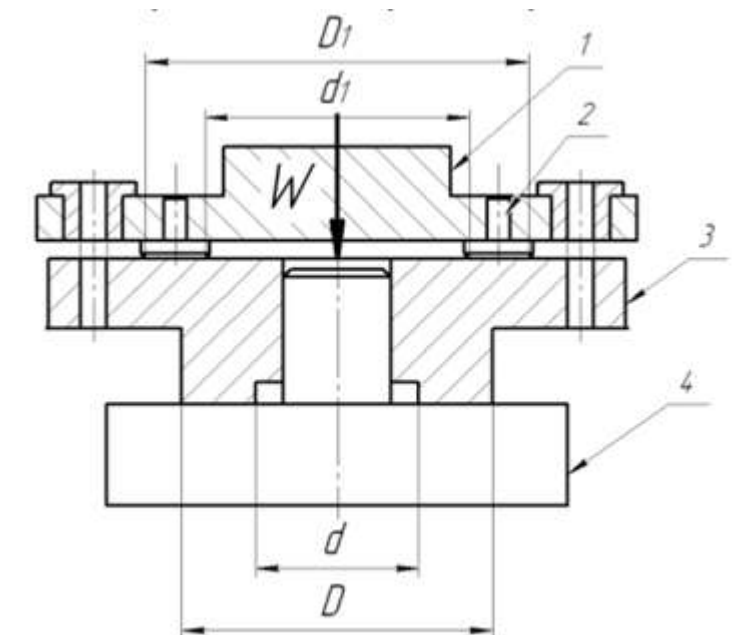


Рисунок 2.3 – Схема до визначення сили закріплення [8]

Коефіцієнт запасу закріплення [8]:

$$k=k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.5)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, $k_0=1,5$ [9];

k_1 – коефіцієнт нерівномірності сил різання через непостійність припуску, що знімається при обробці, $k_1=1$ [8];

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту, $k_2=1,15$ [8].

k_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання, $k_3=1$ [8];

k_4 – коефіцієнт, що враховує мінливість сил затиску, що розвиваються приводами, $k_4=1$ [8];

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток, $k_5=1$ [8];

k_6 – коефіцієнт невизначеності положення місць контакту, $k_6=1.5$ [8].

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

Визначення моменту різання:

$$M_{кр}=10C_m D^q S^y K_p, \quad (2.5)$$

де C_m , y , q – коефіцієнти, $C_m=0,0345$, $q=2$, $y=0,8$ [5];

S , D – параметри різання;

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0.35} = 0,93. \quad (2.6)$$

$$M_{кр}=10 \cdot 0,0345 \cdot 8^2 \cdot 0,2^{0.8} \cdot 0,93=5,6 \text{ Нм}.$$

Дійсна сила закріплення по формулою (2.4):

$$W_d = \frac{3 \cdot 5,6 \cdot 2,58}{0,15 \left[\left(\frac{0,118^3 - 0,098^3}{0,118^2 - 0,098^2} \right) + \left(\frac{0,112^3 - 0,094^3}{0,112^2 - 0,094^2} \right) \right]} = 1352 \text{ Н}.$$

На рис. 2.4 зображена схема для розрахунку сили на штоці [8].

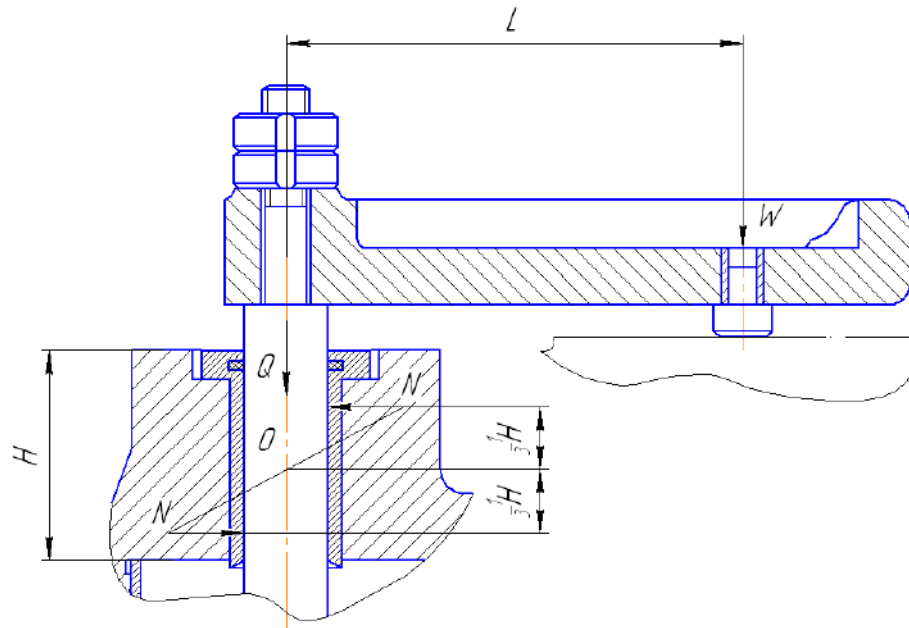


Рисунок 2.4 – Схема важільного механізму [8]

Визначаємо силу на штоку гідроциліндра [8]:

$$Q = W \left(1 + \frac{3Lf}{H} \right), \quad (2.7)$$

$$Q = 1352 \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot 0,192 \cdot 0,15}{0,08} \right) = 2812H.$$

Мінімальний діаметр штока [8]:

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

де α – коефіцієнт затягування, $\alpha=2,25$ [8];

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 2812}{3,14 \cdot 100}} = 9 \rightarrow 16 \text{ мм.}$$

Діаметр циліндра [8]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2}, \quad (2.9)$$

де η – коефіцієнт корисної дії (ККД), що враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85 \dots 0,9$ [8];

p – тиск в гідросистемі, $p = 5 \dots 10$ МПа [8];

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2812}{3.14 \cdot 5 \cdot 0,85} + 16^2} = 45 \Rightarrow 63 \text{ мм.}$$

2.1.4 Розрахунок пристосування на точність

Розрахунок на точність пристрою полягає у визначенні допуску розміру на розташування вісей кондукторних втулок (рис. 2.5).

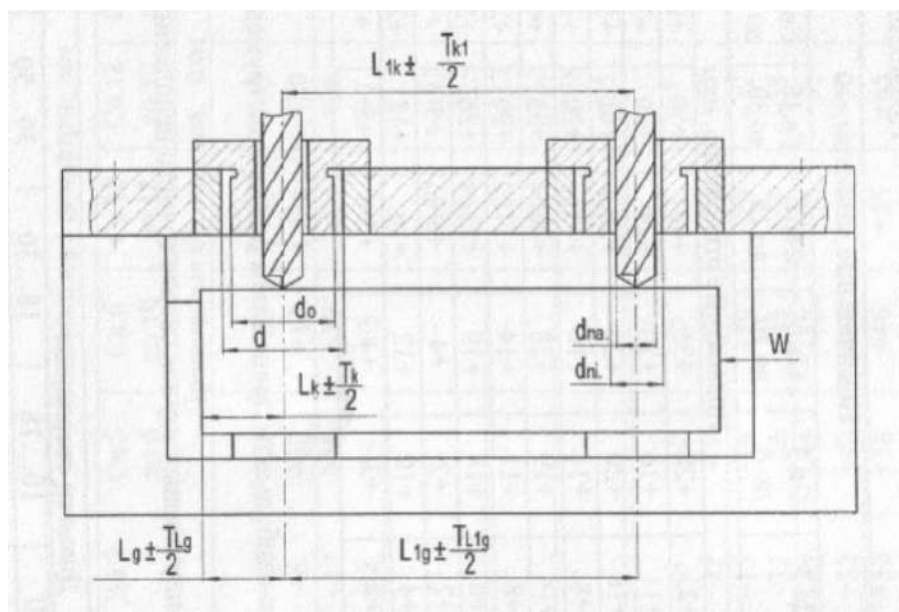


Рисунок 2.5 – Схема розрахунку на точність [8]

Допуск на розмір кондукторних втулок [8]:

$$T_k \leq T_D - K \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2}, \quad (2.10)$$

де T_d – допуск деталі, $T_d=0,3\text{мм}$;

k – коефіцієнт, $k=1,2$ [8];

Δ_1 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі свердла щодо осі отвору змінної втулки [8]:

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{\text{см.макс}} - d_{\text{св.мін}} , \quad (2.11)$$

$$\Delta_1 = 8,035 - 7,957 = 0,078\text{мм}.$$

Δ_2 – частка похибки обробки, яка залежить від зміщення осі змінної втулки щодо постійної [8]:

$$\Delta_2 = S_{2\max} = d_{\max} - d_{0\min} , \quad (2.12)$$

$$\Delta_2 = 20,021 - 19,98 = 0,041\text{мм}.$$

Δ_3 – частка похибки обробки, викликана зміщенням осі свердла внаслідок ексцентриситету обох втулок, $\Delta_3=0,01\text{мм}$ [8].

Δ_4 – частка похибки обробки, яка залежить від величини допустимого зносу втулок, $\Delta_4=0,024\text{мм}$ [8].

Δ_5 – частка похибки обробки, що враховує перекид інструменту в процесі обробки

$$\Delta_5 = \Delta_1(H+2a)/H , \quad (2.13)$$

$$a = (0,5-0,8)d_{\text{св}} , \quad (2.14)$$

$$a = 0,5 \cdot 8 = 4\text{мм}.$$

$$\Delta_5 = 0,078(26+2 \cdot 4)/26 = 0,117\text{мм}.$$

$$T_k \leq 0,3 - 1,2 \sqrt{0,087^2 + 0,041^2 + 0,01^2 + 0,024^2 + 0,117^2} = 0,128\text{мм}.$$

$$\frac{T_k}{2} = \frac{0,128}{2} \Rightarrow \pm 0,05.$$

Призначаємо виконавчий розмір [8]:

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} , \quad (2.15)$$

$$L_k = 124 \pm 0,05.$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування (рис. 2.6) призначено для контролю биття зовнішнього діаметру 94 мм відносно бази А. Деталь при контролі встановлюється в оправку і на ній базується в центрах. Контрольне пристосування складається зі корпусу, на якому встановлюється два центри та штангу. Штанга має можливість переміщення перпендикулярно до осі деталі. Центри мають можливість повздовжнього переміщення на напрямних корпусу. На штанзі розміщений індикаторний годинник з щупом. При контролі щуп дотикається до вимірюваної поверхні. Шляхом обертання деталі по індикаторному годиннику знімають значення радіального биття.

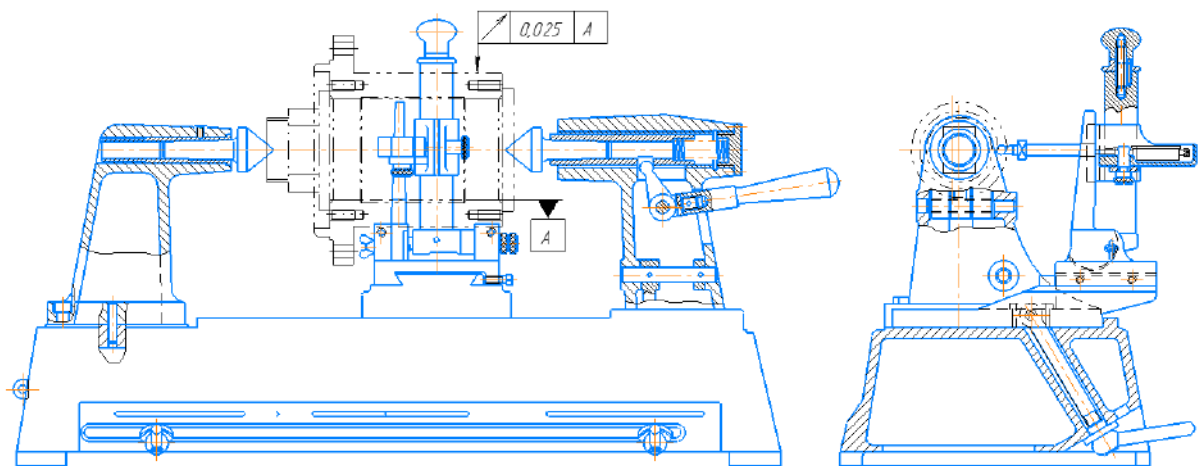


Рисунок 2.6 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок деталі на міцність

Розрахунок на міцність деталі «Втулка дистанційна» було виконано за

допомогою програмного продукту NX CAE. Оцінку міцності деталі було отримано на основі порівняння розрахункового коефіцієнту запасу міцності з довідковим.

Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}} = 1,5 \dots 3, \quad (2.16)$$

де $[\sigma]=290$ МПа– допустиме значення границі міцності сталі 10 [1];

σ_{max} – максимальне розрахункові напруження.

Деталь «Втулка дистанційна» (рис. 2.7) в вузлі встановлюється по діаметру 106 мм в отвір корпусу та впирається в торець, через шість отворів 8 мм пригвинчується до корпусу. В отвір втулки встановлюється вал на підшипниках, який створює радіальні навантаження 2000 Н.

Для розрахунку спочатку деталь було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.8) та накладені обмеження (рис. 2.9).



Рисунок 2.7 – Модель деталі



Рисунок 2.8 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

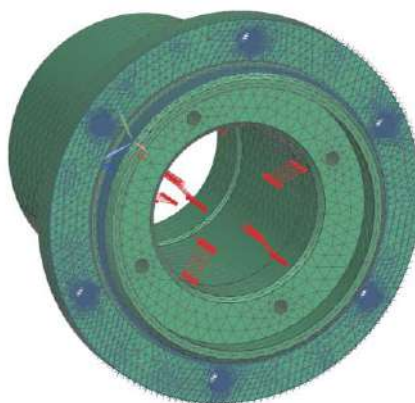


Рисунок 2.9 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Після розрахунку деталі на міцність було отримано діаграму напружено-деформованого стану (рис. 2.10). Максимальне значення напруження виявилось на переході фланцю та циліндричної шийки. Максимальне напруження становило 108 МПа.

По отриманому максимальному значенню напруження була виконана перевірка коефіцієнту запасу міцності згідно формули (2.16):

$$k = \frac{290}{108} = 2,68.$$

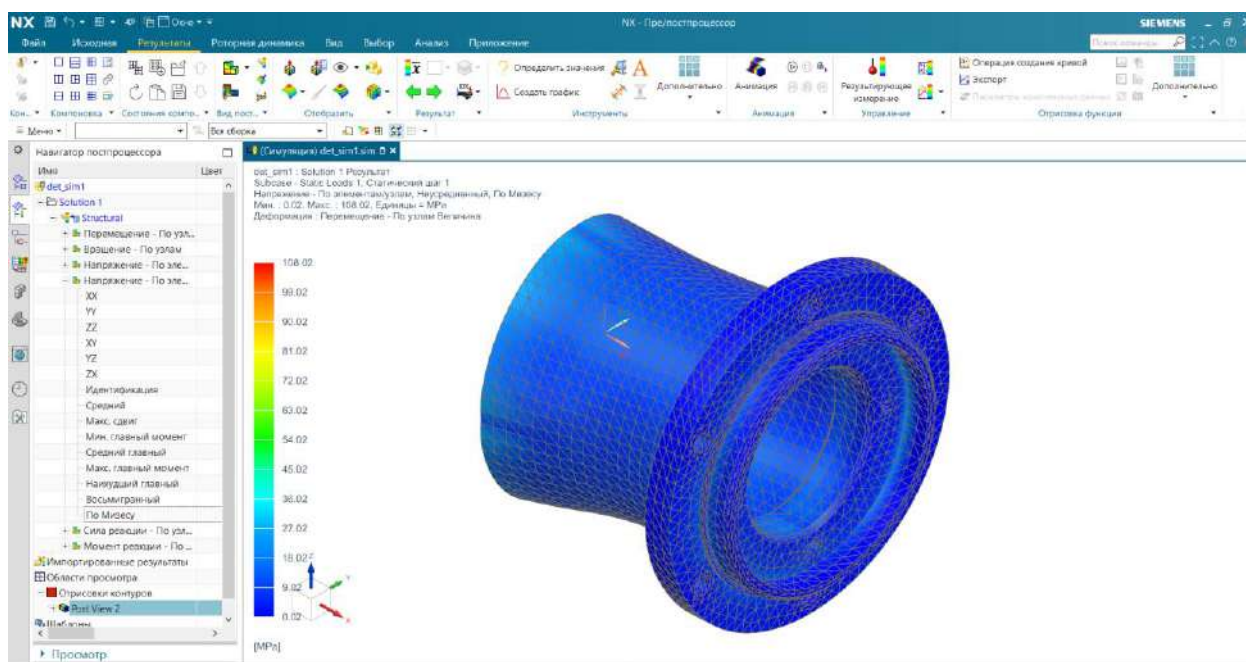


Рисунок 2.10 – Розподіл напружень

Запас міцності деталі «Втулка дистанційна» становила більше ніж у 2,68 рази допустимі значення, тому конструкцію деталі ті її розміри 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, $N=5000$ шт.

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

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

Номер операції	Модель верстата	$t_{ш-к}$, хв	T , хв	S_p , шт	S_n , шт	K_3
015	PUMA 600	12,85	64250	0,27	1	0,27
020	PUMA 600	14,61	73050	0,3	1	0,3
025	PUMA 600	21,21	106050	0,44	1	0,44
030	PUMA 600	25,61	128050	0,53	1	0,53
035	2M55	2,27	11350	0,05	1	0,05
040	T 4000	9,85	49250	0,21	1	0,21
045	T 4000	9,85	49250	0,21	1	0,21
065	Voumard 5S	5,17	25850	0,11	1	0,11
070	M1420E/1000	5,2	26000	0,11	1	0,11
075	M1420E/1000	3	15000	0,06	1	0,06
080	Voumard 5S	3,3	16500	0,07	1	0,07
085	M1420E/1000	2,12	10600	0,04	1	0,04
090	M1420E/1000	1,9	9500	0,04	1	0,04

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

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

де $F_g \cdot m$ – фонд часу роботи верстата за рік, $F_g \cdot m = 4000$ год.

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

$$\begin{aligned} \overline{K_3} &= \frac{\sum S_p}{\sum S_n}, \\ \overline{K_3} &= \frac{2,44}{13} = 0,19. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Розраховуємо кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей «Втулка дистанційна»: $O=13$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...030). Максимальне значення основного часу буде на операції 030 – 22 хв. Циклограма багатOVERстатного обслуговування наведено на рис. 3.1.

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 $t_{\text{оmax}}$ – 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.

$$m_s = \frac{22+1,1}{2,31+0,15} = 9,4.$$



Рисунок 3.1 – Циклограма багатOVERстатного обслуговування

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

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

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=13$ верстатів необхідно $M=10$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

$$K_{30} = \frac{0}{M}, \quad (3.7)$$

$$K_{30} = \frac{13}{10} = 1,3.$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо як серійний, а форму організації виробництва на лінії обробки – змінно-потокową. Але через те, що середній коефіцієнт завантаження верстатів досить малий (0,19), то

дільницю виробництва деталей «Втулка дистанційна» необхідно завантажити типовими деталями до рівня $\overline{K}_3 > 0,7$.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

При розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Втулка дистанційна» було запропоновано змінити базову обробку на універсальних токарно-гвинторізних верстатах обробкою на токарних верстатах з ЧПК згідно таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія						Нова технологія			
Модель верстата	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	PUMA 600	PUMA 600	PUMA 600	PUMA 600
Штучний час $t_{шт}$, хв	20	20	15	15	10	10	12,85	14,61	21,21	25,61
Розряд верстатника	6	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	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	2
Оптова ціна верстата F , грн	122840						2020220			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N_a , %	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	16,2	14,2	14,2	14,2	14,2
Встановлена потужність електродвигунів N , кВт	13	13	13	13	13	13	12	12	12	12

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

$$Z_o = \frac{\sum_{i=1}^{m_{оп}} t_{шт-кі} \cdot C_{тар} \cdot K_6 \cdot k_{доп} \cdot k_{соц}}{60} \quad (4.1)$$

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

$t_{шти}$ – норма штучного часу виконання і-ой операції, год;

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

K_6 – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERCLOCKING обслуговуванні, $K_6=0,39$;

$k_{доп}$ – 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
035	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
					Σ	193,03

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	12,85	57,5	1,2	1,4	20,69
020	Токарна	14,61	57,5	1,2	1,4	23,52
025	Токарна	21,21	57,5	1,2	1,4	34,15
030	Токарна	25,61	57,5	1,2	1,4	41,23
					Σ	119,59

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

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

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

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

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

m_{on} – 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	$Ч_n$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	$З_o$, грн
015	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16
020	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16
025	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16
030	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	10,16
						Σ	40,64

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [10]:

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

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]:

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

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;

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

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

$n_{\text{ін}}$ – 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	$t_{\text{шт}}$, хв	К, грн	На, %	$F_{\text{д}}$	$A_{\text{від}}$, грн
010	Токарна	20	122840	16,2	4015	4,34
015	Токарна	20	122840	16,2	4015	4,34
020	Токарна	15	122840	16,2	4015	3,26
025	Токарна	15	122840	16,2	4015	3,26
030	Токарна	10	122840	16,2	4015	2,17
035	Токарна	10	122840	16,2	4015	2,17
					Σ	19,54

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{\text{шт}}$, хв	К, грн	На, %	$F_{\text{д}}$	$A_{\text{від}}$, грн
015	Токарна	12,85	2020220	14,2	4015	15,30
020	Токарна	14,61	2020220	14,2	4015	17,40
025	Токарна	21,21	2020220	14,2	4015	25,26
030	Токарна	25,61	2020220	14,2	4015	30,50
					Σ	88,45

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_B – 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_q	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	S_e , грн
010	Токарна	20	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	5,42
015	Токарна	20	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	5,42
020	Токарна	15	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,06
025	Токарна	15	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,06
030	Токарна	10	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,71
035	Токарна	10	3,45	13	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,71
										Σ	24,39

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Ц _е грн	N _е кВт	k _N	k _ч	k _{од}	k _w	η _е	k _в	S _е , грн
015	Токарна	12,85	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	5,71
020	Токарна	14,61	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	6,50
025	Токарна	21,21	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	9,43
030	Токарна	25,61	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	11,39
										Σ	33,02

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

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

де $Ц_{то}$ – 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	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	122840	0,02	0,64	0,83
015	Токарна	122840	0,02	0,64	0,83
020	Токарна	122840	0,02	0,64	0,83
025	Токарна	122840	0,02	0,64	0,83
030	Токарна	122840	0,02	0,64	0,83
035	Токарна	122840	0,02	0,64	0,83
				Σ	4,96

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
015	Токарна	2020220	0,02	0,78	6,30
020	Токарна	2020220	0,02	0,78	6,30
025	Токарна	2020220	0,02	0,78	6,30
030	Токарна	2020220	0,02	0,78	6,30
				Σ	25,21

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

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

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

$C_{гн}$ – 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).

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 прох.	6	50,9	6	4	0,9	240	4	0,02
		Свердло	1,5	50,9	6	4	0,9	120	4	0,01
		Різець розт.	5,35	50,9	6	4	0,9	240	4	0,02
020	Токарна	Різець прох.	10	50,9	6	4	0,9	120	4	0,08
		Різець розт.	4,61	50,9	6	4	0,9	240	4	0,02
025	Токарна	Різець прох.	10	50,9	6	5	0,9	120	4	0,10
		Різець розт.	11,21	50,9	6	5	0,9	120	4	0,12
030	Токарна	Різець прох.	12	50,9	6	5	0,9	240	4	0,06
		Різець розт.	13,61	50,9	6	5	0,9	240	4	0,07
									Σ	0,51

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, $k_{заг} = 0,20 \dots 0,25$.

$$I_{n1} = 193,03 \cdot 0,2 = 38,6 \text{ грн}$$

$$I_{n2} = 119,59 \cdot 0,2 = 23,92 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [10]:

$$C_T = Z_o + Z_n + A_{від} + S_{ін} + S_e + S_p + S_n + I_n \quad (4.9)$$

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

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	$З_o$	193,03	119,59
Заробітна плата наладчика	$З_n$		40,64
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	19,54	88,45
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	8,28	5,77
Витрати на електроенергію	S_e	24,39	33,02
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	4,96	25,21
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n		0,51
Витрати інші	I_n	38,6	23,92
Технологічна собівартість	C_T	337,11	288,8

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [10]:

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

$$E_{ур} = (337,11 - 288,8) \cdot 5000 = 241550 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 241550 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 базовим ТП

№ опер	Найменування операції	Т _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	К _о , грн
010	Токарна	20	122840	4015	10,20
015	Токарна	20	122840	4015	10,20
020	Токарна	15	122840	4015	7,65
025	Токарна	15	122840	4015	7,65
030	Токарна	10	122840	4015	5,10
035	Токарна	10	122840	4015	5,10
		Σ	737040	Σ	45,89

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за новим ТП

№ опер	Найменування операції	Т _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	К _о , грн
015	Токарна	12,85	2020220	4015	107,76
020	Токарна	14,61	2020220	4015	122,52
025	Токарна	21,21	2020220	4015	177,87
030	Токарна	25,61	2020220	4015	214,77
		Σ	8080880	Σ	622,92

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 табл. 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	337,11	288,80
Капітальні витрати на деталь	K_o	45,89	622,92
Наведені витрати на деталь	W_o	343,99	382,24
Собівартість річної програми	C_p	1685550,00	1444000,00
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	229464,51	3114610,66
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	1719969,68	1911191,60
Річна економія (збиток), грн	ΔW	-191221,92	

Аналіз табл. 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:

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

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

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

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

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності;

K_1 – капітальні витрати за першим варіантом;

K_2 – капітальні витрати за другим варіантом;

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

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

$$N_{кр} = \frac{0,15 \cdot (8080880 - 737040)}{337,11 - 288,8} = 22802,24 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{кр}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 22802,24 шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Виробничий шум та вібрація

Сучасне виробництво пов'язане з широким використанням спецтехнологічних установок і різних енергетичних пристроїв. Особливо зараз, у час автоматизації та вдосконалення виробничих процесів [10]. Ці технології, безперечно, полегшують роботу, але вони також неминуче супроводжуються шумом та вібраціями на різних частотах. Вплив звуків та коливань може мати серйозний негативний вплив на здоров'я працівників.

Чутний діапазон шуму лежить в інтервалі від 20 до 20000 Гц, але більшість технічних досліджень розглядаються лише частоти в інтервалі приблизно від 40 до 11000 Гц. Допустимий рівень шуму на робочих місцях та виробництві визначається у відповідність до санітарних норм при виконанні всіх видів робіт на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємств рівні звуку та еквівалентні рівні звуку не повинні перевищувати 80 дБА.

Сектори виробництва, де працівники стикаються з підвищеним рівнем шуму, включають такі сфери:

- 1) Металургію та обробку металів, де використовуються потужні прес-машини та високотемпературні процеси
- 2) Будівництво, особливо при використанні будівельних машин та обладнання
- 3) Виробництво автотранспортних засобів, де шум двигунів та верстатів може бути високим.
- 4) Хімічну промисловість, де часто використовуються реактори та насоси

Часто виробництва уникають вимог щодо обов'язкового використання захисних навушників, особливо у випадку, коли частина працівників працює неофіційно. Однак запровадження відповідних заходів безпеки та навчання

працівників правильному використанню захисних засобів може суттєво зменшити ризики для їхнього здоров'я та належний рівень безпеки на робочому місці.

На виробництві, на жаль, жінки і вікові працівники більш схильні до впливу шуму. Важливо відзначити, що проведення вимірювання рівня шуму з використанням двоканального шумоміра є обов'язковим на робочих місцях.

У цехах допускається шум на рівні до 100 дБ, однак у ковальських цехах цей рівень може досягати 140 дБ. Перевищення цих значень може спричинити неприємні відчуття і навіть біль у працівників. Слід також врахувати, що науково обґрунтовано теорію про шкоду інфразвуку та ультразвуку на організм людини.

Вібрація – це важливий аспект, який залежить від частоти, інтенсивності та діапазону коливань. Розуміння вібрації аналогічне розумінню частоти звуку і вимірюється у герцах. Дослідження підтверджують, що вібрація, як і шум, може впливати на організм людини.

Щоб відчути вібрацію, необхідно перебувати в контакті з об'єктом, що вібрує, або через тверді поверхні, пов'язані з ним.

Поверхні на виробництвах, які контактують з тілом людини та вібрують, можуть стимулювати нервові закінчення у стінках кровоносних судин, викликаючи порушення роботи внутрішніх органів та систем. Це може виявлятися у вигляді болю в руках, оніміння, відчуття «мурашок», втрати чутливості та інших симптомів, характерних для дії вібрації. Цей набір симптомів отримав назву "вібраційної хвороби". Важливо враховувати ці фактори у виробничому середовищі для забезпечення безпеки та здоров'я працівників.

Вібраційна хвороба – це серйозне захворювання, яке може виникнути у працівників на виробничих підприємствах, де є вплив вібрації. Цей стан викликаний постійним та тривалим впливом механічних коливань на організм людини та має серйозні наслідки для здоров'я.

Вплив вібрації на організм людини може призвести до різних порушень,

включаючи:

- 1) Спазми судин: Вібрація може спричинити скорочення судин, що призводить до порушення кровопостачання.
- 2) Ішемія тканин: Нестача кровопостачання може призвести до ішемії тканин, що означає, що вони одержують недостатню кількість кисню та поживних речовин.
- 3) Підвищення артеріального тиску: Вплив вібрації може призвести до підвищення артеріального тиску, що збільшує ризик серцево-судинних захворювань.
- 4) Зміщення внутрішніх органів: Вібрація може викликати усунення внутрішніх органів, що може призвести до болю і навіть органічних ушкоджень.
- 5) Дистрофічні зміни в тканинах та органах: Постійна дія вібрації може викликати дистрофічні зміни в тканинах та органах, що погіршує їх функціональність.

Заходи щодо профілактики вібраційної хвороби:

- 1) Організація охорони праці: на підприємстві має бути організована система охорони праці, включаючи навчання працівників правилам та методам мінімізації впливу вібрації.
- 2) Перерви: працівникам слід надавати перерви для відпочинку та відновлення після роботи з вібрацією.
- 3) Контроль температури: переконайтеся, що температура у приміщенні підтримується на комфортному рівні, щоб працівники не відчували додаткового стресу на організм.
- 4) Використання засобів захисту: працівникам, які зазнають впливу вібрації, слід надати засоби індивідуального захисту, такі як спеціальні рукавички, які знижують вплив вібрації на руки.

Вимірювання шуму та вібрації вимагає спеціальних приладів та обладнання, щоб забезпечити точні та надійні результати.

Для зниження рівня шуму та вібрації на виробництві існує кілька

способів:

- 1) Ізоляція та звукопоглинання: застосування матеріалів та конструкцій, здатних поглинати та ізолювати шум, щоб запобігти його поширенню
- 2) Зміна робочих процесів: оптимізація виробничих методів та технологій з метою зниження шумових навантажень
- 3) Регулярна перевірка обладнання: регулярна технічна інспекція та обслуговування обладнання з метою запобігання надмірній вібрації та шуму
- 4) Навчання та консультації: навчання співробітників роботі в умовах шуму та вібрації, а також надання рекомендацій щодо безпечних методів роботи

Дотримання норм та застосування ефективних методів зниження шуму та вібрації на виробництві не тільки забезпечують безпечні умови праці, а й сприяють збереженню здоров'я працівників та збільшенню тривалості їхнього життя.

Способи захисту від шуму:

- 1) Засоби індивідуального захисту від шуму мають велике значення для безпеки слуху на робочому місці. Серед найбільш поширених засобів можна виділити пробки, навушники, вкладки (беруші) та шоломи.
- 2) Пробки та беруші – найбільш доступні та практичні засоби захисту. Вони вставляються у вушний канал і запобігають проникненню звукової хвилі. Ці засоби легко використовуються, але забезпечують мінімальний захист, зазвичай поглинаючи 10-20 дБ звуку.
- 3) Навушники є ефективнішим засобом захисту, вони повністю закривають вуха і можуть знижувати вплив шуму на 20-30 дБ. Вони легкі, комфортні та особливо ефективні при високих частотах шуму.
- 4) Також існують шоломи та каски, які призначені для захисту вух при високому рівні гучних звуків, застосовуються у поєднанні з іншими засобами захисту та здатні знижувати акустичне навантаження на 30-50 дБ.

Важливо пам'ятати, що вибір засобу індивідуального захисту повинен

залежати від рівня шуму на робочому місці та частоти звуків. Дотримання цих заходів дозволяє забезпечити безпечні умови праці та захистити органи слуху працівників.

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. 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. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.– 652 с.
6. 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.
7. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.
8. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, 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. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. Основи охорони праці: Підручн. для проф.-техн. навч. закладів. – 2-ге вид., допов., перероб. – К. : Вікторія, 2001. – 192 с.

ДОДАТОК А

Специфікація робочого пристосування

Період примен		Формат	Знач	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						Документация		
					НУЗП 293226.022	Складальне креслення		
						Сборочные единицы		
				1		Клапан	1	
						Детали		
				2		Корпус	1	
				3		Плита	1	
				4		Шток	1	
				5		Поршень	1	
				6		Кришка	1	
				7		Втулка	1	
				8		Оправка	1	
				9		Стакан	1	
				10		Втулка	3	
				11		Палец	3	
				12		Штуцер	2	
				13		Втулка змінна	8	
				14		Втулка	2	
				15		Шток	2	
					НУЗП 293226.022			
		Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
		Разработ	Тищенко					
		Проб.	Козлова					
		Н.контр.	Дядя					
		Утв.	Дядя					
		Пристосування для свердління 6-ти отворів Ø8					Лист	Лист
							1	2
							ЗНТУ	
							МЗ-110	

Копія

Додаток А/

[illegible]

ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Карта заготовки

Людл.			
Взам.			
Підл.			

Лист 1

Розроб.	Тищенко			НЧЗП	НЧЗП 713112.022		МЗ-110.1014.1.000001
Перевір.	Козлова						

--	--	--

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт

[illegible]

Додл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Взам.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
Подл.																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
																				НУЗП 0214.1.24.022										Листів 4										Лист 2																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
																				НУЗП										НУЗП 713112.022																				Мз-110.1014.1.000001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
А										Цех										Діл										РМ										Опер.										Код, найменування операції										Позначення документа																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
Б																				Код, найменування устаткування										СМ										Проф.										Р										УП										КП										КОВД										ОН										ОП										Кшт										Тп.з.										Тшт																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

Дод.													
Взам.													
Подл.													

НУЗП 0214.124.022 Листів 4 Лист 4

НУЗП

НУЗП 713112.022

Мз-110.1014.1.000001

А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт

А 01				095	0125 Мийна					ЮП №007						
Б 02	514.230				Мийна установка	2	11629	5	2	1	1	шт	100	1		
03																
А 04				100	0200 Контрольна					ЮП №008						
Б 05	XXXXXX				Контрольний стіл	2	13063	5	2	1	1	шт	100	1		
06																
07																
08																
09																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НУЗП 0214.124.022 1 1

Розроб. Тищенко

НУЗП

НУЗП 713112.022

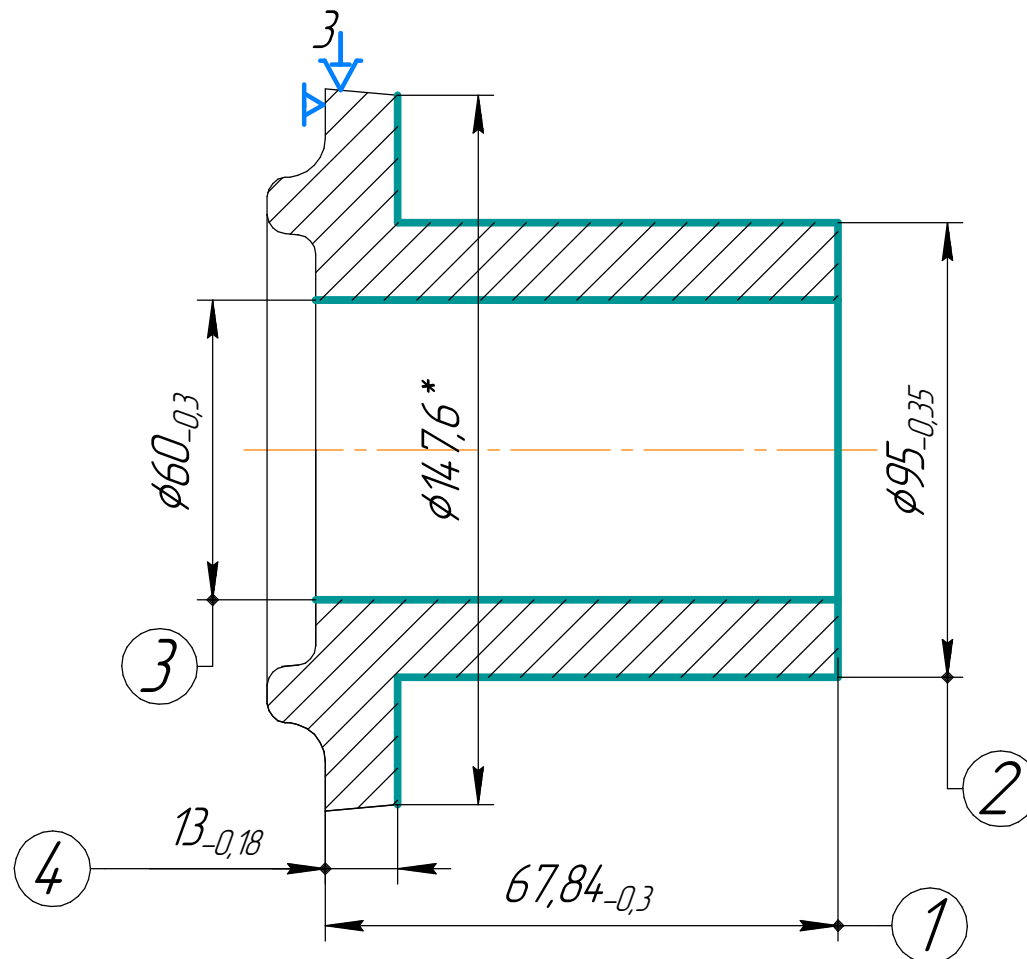
МЗ-110.2014.1.00015

Перевір. Козлова

Н. контр. Дядя

Втулка дистанційна

015

 $\sqrt{Ra6.3}$ 

* Розмір для довідок

Дудл.																			
Взам.																			
Підл.																			
НУЗП 0214.124.022												Листів 2		Лист 1					
Розроб.		Тищенко		НУЗП		НУЗП 713112.022				МЗ-110.6014.1.00015								015	
Перевір.		Козлова																	
Н.контр.		Дядя																	
Найменування операції				Матеріал				Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ		КВЗ			
Токарна з ЧПК				Сталь 10 ГОСТ 1050-88				140...145 HB		к2	3,95			7,55		0,52			
Устаткування, пристрій ЧПК				Позначення програми				То	ТВ	Тп.з.	Тш-к	30ТС							
Токарний з ЧПК PUMA 600				-				10,4	1,1	20	12,85	5% емульсія "Укрінол-1" ТУ-38-101197-76							
Р				П	D, B	L	t	i	S	n	V								
О 01	1. Встановити та закріпити деталь										t _{вст} =0,45 хв								
Т 02	ПР Патрон трьохкулачковий 7100-0009 ГОСТ 2675-80																		
03																			
О 04	2. Точити зовні поверхні витримуючи розміри 1, 2, 4																		
Т 05	ВИ Інструментальний блок																		
06	РИ Різець підрізний 2112-0006 Т15К6 ГОСТ 18880-73																		
07	СИ Калібр-скоба 1113-0159 Ø95h12 ГОСТ 18360-93, шаблон спеціальний.																		
Р 08				01	14,76	123,3	1,85	2	0,2	300	139								
09																			
О 10	3. Свердлити отвір витримуючи розмір Ø50																		
Т 11	ВИ Інструментальний блок																		
12	РИ Свердло 2301-3734 ГОСТ 10903-77																		
13	СИ Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,01 ДСТУ EN ISO 13385-1:2018																		
Р 14				02	50	122,7	25	2	0,2	150	23,5								
15																			
ОК																			

Дудл.													
Взам.													
Подл.													

НУЗП 0214.1.23024Листів 2Лист 2

					НУЗП 713112.022			Мз-110м.6014.1.015			015

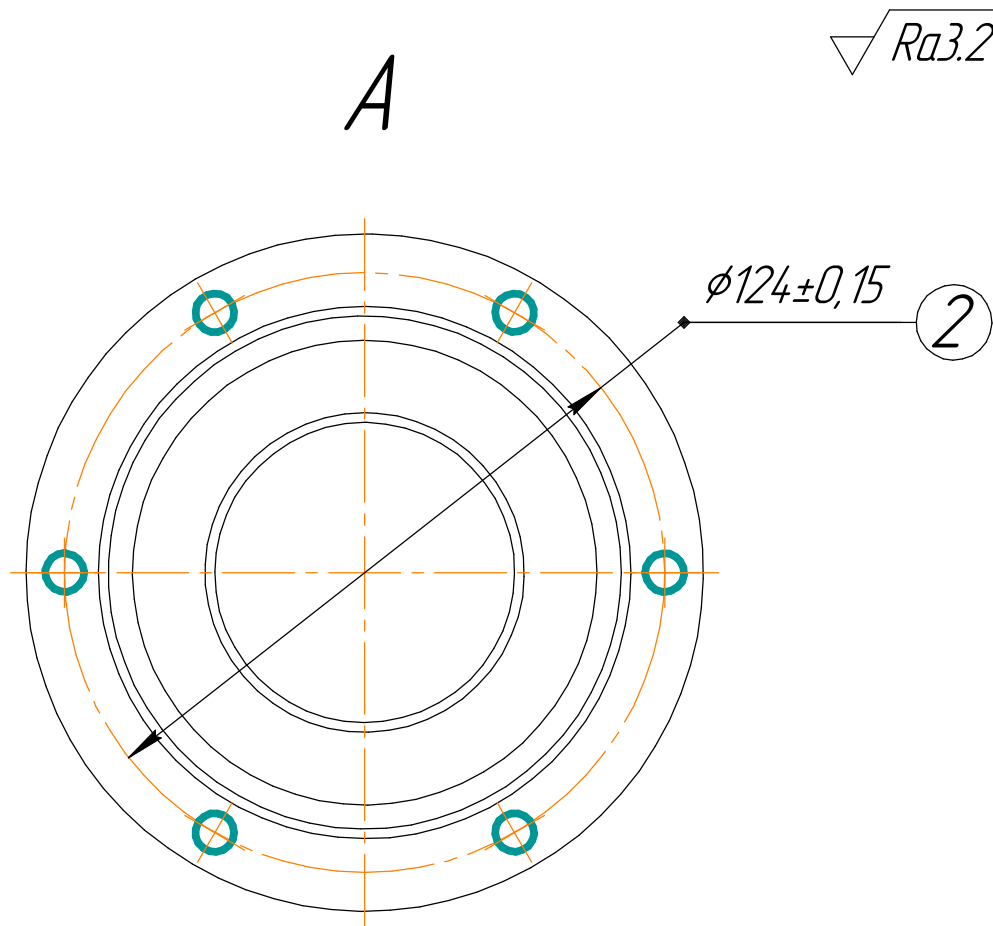
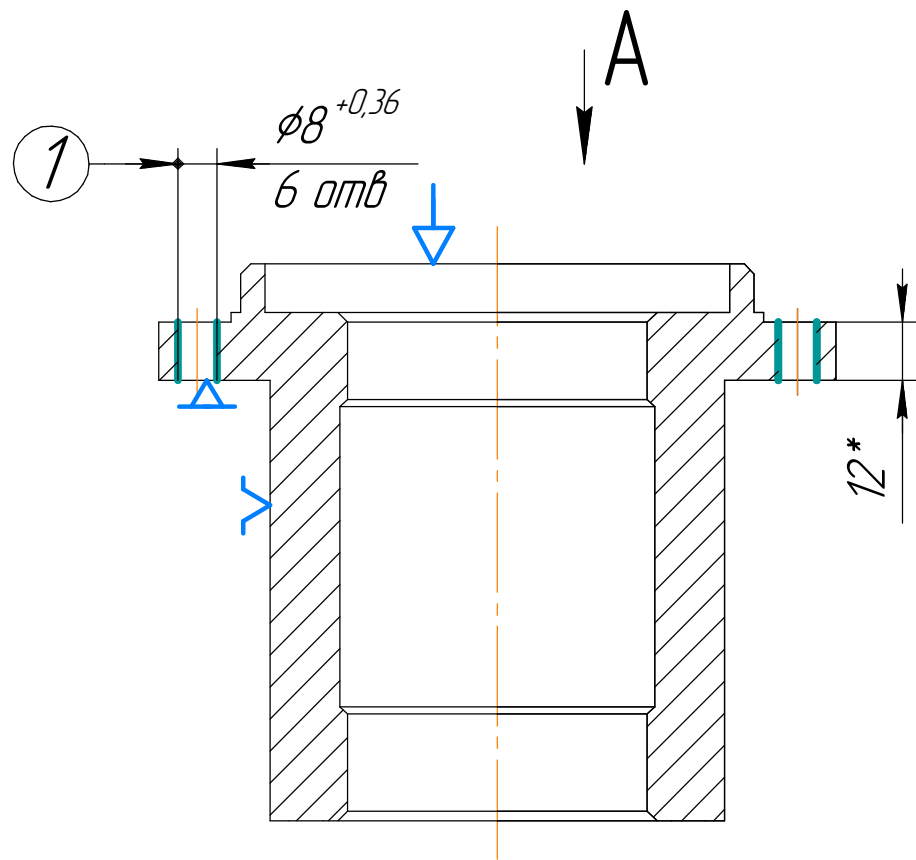
Р		П	Q, B	L	t	i	S	n	V
0 01	3. Розточити отвір витримуючи розміри 3								
Т 02	ВИ Інструментальний блок								
03	РІ Різець розточний 2141-0006 Т15К6 ГОСТ 18883-73								
04	СИ Калідр-прадка 8136-0004 Ø60H12 ГОСТ 14815-69.								
Р 05		03	60	110	1	5	0,2	500	123
06									
0 07	4. Зняти деталь								t _{3H} =0,45
08									
09									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84					Форма 7

				НУЗП 0214.124.022 1				1
Розроб.	Тищенко			НУЗП	НУЗП 713112.022	Мз-110.2014.1.00035		
Перевір.	Козлова							
Н. контр.	Дядя			Втулка дистанційна				035



$\sqrt{Ra3.2}$

* Розмір для довідок

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

Дудл.															
Взам.															
Підл.															
НУЗП 0214.124.022												Листів 1		Лист 1	
Розроб.		Тищенко		НУЗП		НУЗП 713112.022				МЗ-110.6014.1.00035					
Перевір.		Козлова													
Н.контр.		Дядя													
Найменування операції				Матеріал		Твердість		ОВ	МД	Проф. і розм.		МЗ	КВЗ		
Свердлильна				Сталь 10 ГОСТ 1050-88		140...145 HB		к2	3,95			7,55	0,52		
Устаткування, пристрій ЧПК				Позначення програми		То	Тдоп	Тп.з.	Тш-к	30ТС					
Радіально-свердильний 2М55				-		1,3	0,6	18	2,27	5% емульсія "Укрінол-1" ТУ-38-101197-76					
Р				П	D, B	L	t	i	S	п	V				
О 01	1. Встановити та закріпити деталь										t _{вст} =0,15 хв				
Т 02	ПР Пристосування спеціальне														
03															
О 04	2. Свердлити отвори витримуючи розміри 1, 2.														
Т 05	ВИ Патрон свердильний ГОСТ 8522-79														
06	РИ Свердло спіральне 2300-3439 ГОСТ 10902-77														
07	СИ Калібр-продка 8133-0918 ø8H14 ГОСТ 14810-69, шаблон спеціальний.														
08				01	8	14,3	4	6	0,1	750	19				
09															
О 10	3. Зняти деталь										t _{зн} =0,15 хв				
11															
12															
13															
14															
15															
ОК															

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

НЧЗП 0214.124.022 1 1

Розроб.	Тищенко		
Перевір.	Козлова		
Н. контр.	Дядя		

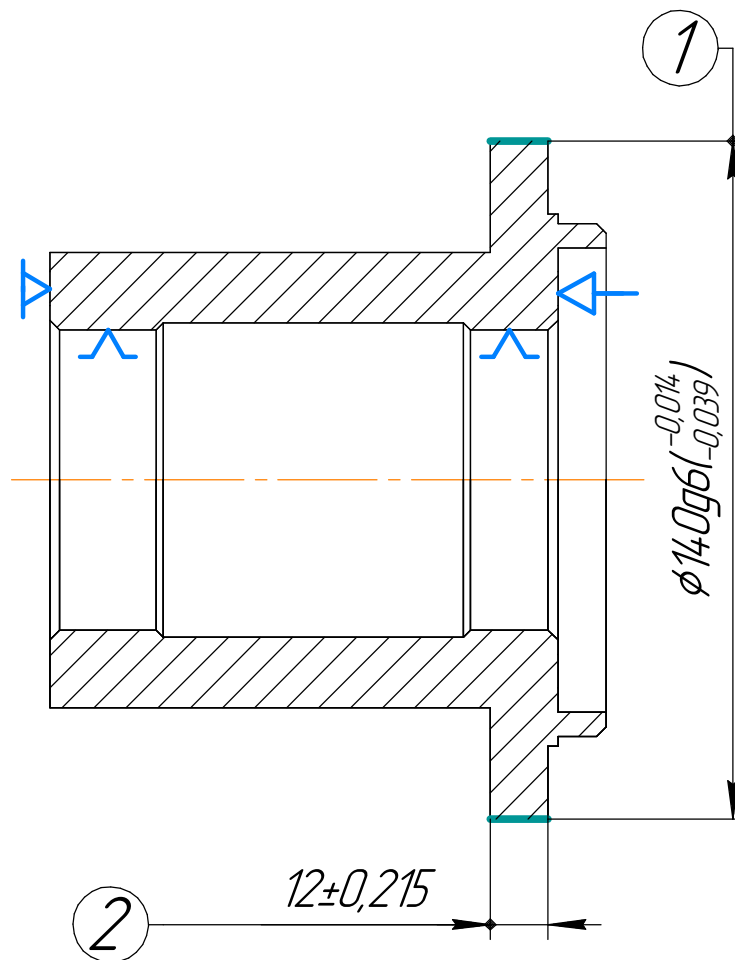
НЧЗП

НЧЗП 713112.022

МЗ-110.2014.1.00090

Втулка дистанційна

090

 $\sqrt{Ra0.8}$ 

* Розмір для довідок

