

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»
Машинобудівний
(повне найменування факультету)
Технологія машинобудування
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

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

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

Спеціальності 131 Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Технології машинобудування

СТЕПАНЕНКО В.О.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ПУХАЛЬСЬКА Г.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРІЗВИЩЕ та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« » 20 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

СТЕПАНЕНКО Владислав Олександрович

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

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

керівник проєкту (роботи) к.т.н., доц. ПУХАЛЬСЬКА Гульнара Вікторівна,
 (науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

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

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

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі, річна програма випуску N=3000шт

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Креслення деталі, заготовки, графічне зображення етапів підготовки управляючої програми та розрахунків на міцність, креслення робочого пристосування.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 4, 5	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доц.		
нормоконтр.	ДЯДЯ С.І., зав. каф.		

7. Дата видачі завдання _____ 01 травня 2024 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ Владислав СТЕПАНЕНКО
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проекту (роботи)

_____ Гульнара ПУХАЛЬСЬКА
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 83 с., 17 рис., 25 табл., 2 додатки, 10 джерел.

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

Об'єкт дослідження – корпус.

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

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Корпус», розраховано економічний ефект від впровадження верстатів з ЧПК, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму на операцію з ЧПК, спроєктовано 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.....	11
1.3 Вибір методу отримання заготовки.....	12
1.4 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	15
1.5 Вибір технологічних баз.....	18
1.6 Розробка маршруту виготовлення деталі.....	18
1.7 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів.....	19
1.8 Розрахунок режимів різання та норм часу.....	24
1.8.1 Операція 015 – фрезерно-центрувальна.....	24
1.8.2 Операція 060 – шліфувальна.....	29
1.8.3 Операція 020 - токарна.....	31
1.9 Технічне нормування операцій.....	34
1.9.1 Технічне нормування операції №015.....	34
1.9.2 Технічне нормування операції 060.....	37
1.9.3 Технічне нормування операції 020.....	39
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	42
2.2.1 Конструкція і принцип роботи	42
2.1.2 Обґрунтування способу базування.....	42
2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі.....	44
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	47
2.2.1 Конструкція і принцип роботи	47
2.3 Розрахунок на міцність	48
3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ.....	50
4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ....	53

5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	66
5.1 Норми освітленості для робочих місць.....	66
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	69
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	71
Додаток Б. Технологічні карти.....	73

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ЗОТС – змащувально-охолоджувальне технологічне середовище

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КГШП – кривошипний гарячештампувальний 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

Сучасний розвиток промислового виробництва вимагає безперервного вдосконалення технологічних процесів виготовлення деталей з метою підвищення їх якості, зниження собівартості та забезпечення безпеки праці. Одним з ключових напрямів цієї діяльності є впровадження верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які дозволяють автоматизувати процеси обробки та значно підвищити продуктивність виробництва.

Деталь «Корпус» є важливою складовою різноманітних механічних систем, від якості та точності виготовлення якої залежить надійність і тривалість експлуатації кінцевого продукту. У зв'язку з цим, розробка ефективного технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус» набуває особливої актуальності.

Метою даної дипломної роботи є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Корпус», що включає ряд важливих етапів.

Дана дипломна робота базується на комплексному підході до вирішення завдань, пов'язаних з удосконаленням виробничих процесів, і має на меті досягнення високої ефективності та конкурентоспроможності виготовлення деталі «Корпус». Впровадження розроблених технологічних рішень сприятиме зниженню витрат на виробництво, підвищенню якості продукції та покращенню умов праці робітників.

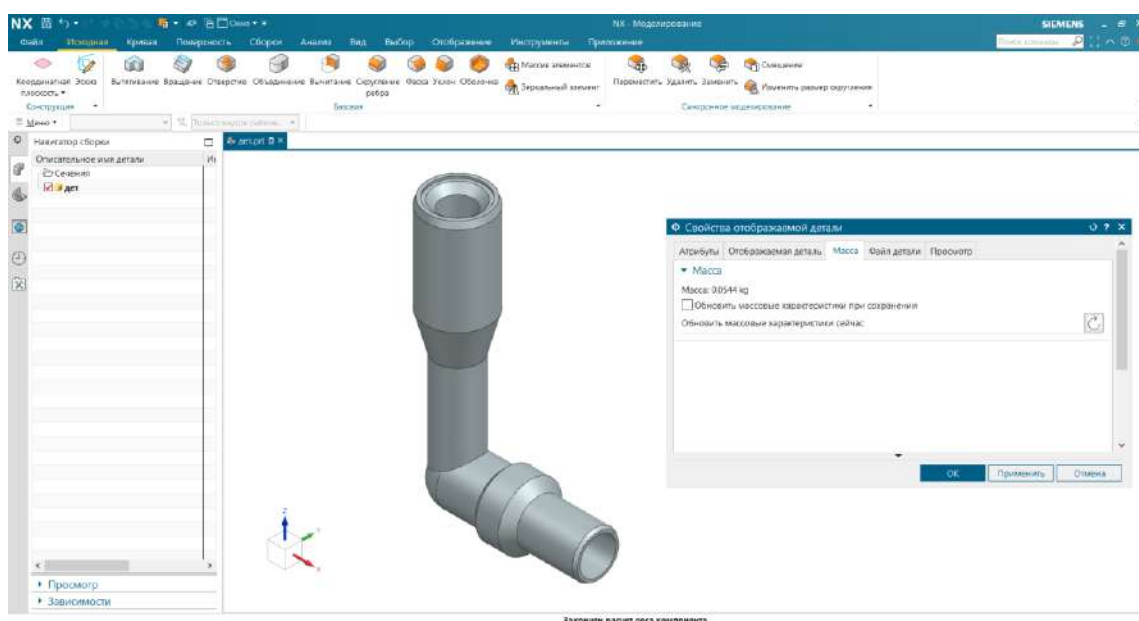


Рисунок 1.2 – 3D-модель деталі

Корпус форсунки призначений для встановлення та кріплення дозуючого пакета, встановлення та кріплення фільтра, підведення палива до каналів дозуючого пакета, підведення повітря.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталь 14X17H2 [1]

Fe, %	C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	S, %	P, %	Cr, %	Ti, %	Cu, %
основа	0,11... 0,17	до 0,8	до 0,8	1,5...2,5	до 0,025	до 0,03	16... 18	до 0,2	до 0,3

Конструкція форсунки повинна проектуватися з урахуванням забезпечення її працездатності та надійності, від яких залежить безпека експлуатації двигунів і виробів.

Надійність форсунки має забезпечуватися:

- раціональним вибором конструкції форсунки та схеми її роботи спільно з камерою згоряння;
- застосуванням комплектуючих виробів та деталей з високими характеристиками надійності.

1.2 Вибір типу виробництва

Попередньо для деталі «Корпус» тип виробництва обираємо залежно від розміру виробничої програми (3000 шт), маси деталі (0,05 кг) з таблиці 1.2 [2] як серійний. Остаточний тип виробництва буде розрахований у п. 3 по коефіцієнту закріплення операцій.

Таблиця 1.2 – Вибір типу виробництва [2]

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей в рік		
	m>100 кг	m=10...100 кг	m<10 кг
одиничний	до 5	до 10	до 100
дрібносерійний	5...10	10...200	100...500
серійний	100...300	200...500	500...5000
великосерійний	300...1000	500...5000	5000...50000
масовий	більше 1000	більше 5000	більше 50000

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=3000 шт;

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

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

$$n = \frac{5 \cdot 3000}{250} = 60 \text{ шт}$$

1.3 Вибір методу отримання заготовки

Для отримання заготовки обираємо наступні методи:

- 1) штампування на кривошипном гарячештампувальному пресі (КГШП);
- 2) кування на молоті.

Розрахунок маси заготовок виконано програмою NX (рис. 1.3, 1.4).

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;

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал;

K_C – коефіцієнт, враховуючий складність заготовки;

K_B – коефіцієнт, враховуючий масу заготовки;

K_{Π} – коефіцієнт, враховуючий програму випуску;

q – маса деталі;

S – вартість 1 т стружки.

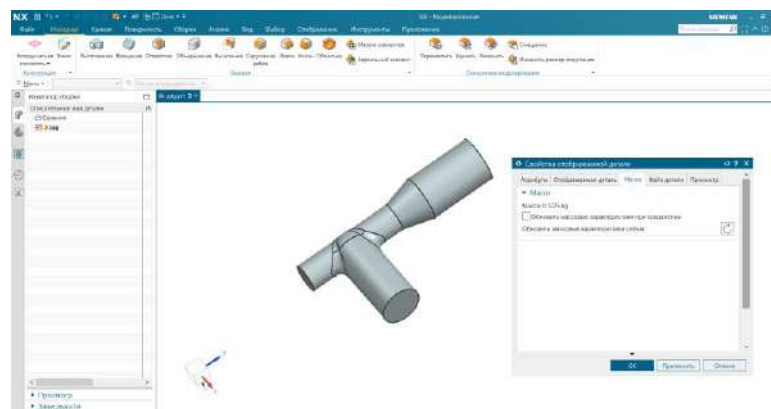


Рисунок 1.3 – Розрахунок маси для КГШП

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) [3]:

$$\eta = q/Q \quad (1.3)$$

Для КГШП:

де C_6 – базова ціна 1 т заготовок, $C_6 = 35000$ грн/т;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, $Q_{\text{заг}} = 0,12$ кг;

K_T – коефіцієнт, враховуючий точність заготовки, $K_T = 1,05$ [3];

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал, $K_M = 1,8$ [3];

K_c – коефіцієнт, враховуючий складність заготовки, $K_c = 0,9$ [3];

K_B – коефіцієнт, враховуючий масу заготовки, $K_B = 0,78$ [3];

K_{Π} – коефіцієнт, враховуючий програму випуску, $K_{\Pi} = 1$ [3];

q – маса деталі, $q = 0,05$ кг;

S – вартість 1 т стружки, $S = 4500$ грн/т [3]

$$C_1 = \frac{35000}{1000} \cdot 0,12 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,78 \cdot 1 - \frac{(0,12-0,05)}{1000} \cdot 4500 = 4,7 \text{ грн}$$

$$\eta_1 = 0,05/0,12 = 0,41$$

Для молота:

де C_6 – базова ціна 1 т заготовок, $C_6 = 31500$ грн/т;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, $Q_{\text{заг}} = 0,24$ кг;

K_T – коефіцієнт, враховуючий точність заготовки, $K_T = 1,05$ [3];

K_M – коефіцієнт, враховуючий матеріал, $K_M = 1,8$ [3];

K_c – коефіцієнт, враховуючий складність заготовки, $K_c = 0,9$ [3];

K_B – коефіцієнт, враховуючий масу заготовки, $K_B = 0,78$ [3];

K_{Π} – коефіцієнт, враховуючий програму випуску, $K_{\Pi} = 1$ [3];

q – маса деталі, $q = 0,05$ кг;

S – вартість 1 т стружки, $S = 4500$ грн/т [3]

$$C_2 = \frac{31500}{1000} \cdot 0,24 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 0,78 \cdot 1 - \frac{(0,24-0,05)}{1000} \cdot 4500 = 9,97 \text{ грн}$$

$$\eta_2 = 0,05/0,24 = 0,21$$

Всі розрахунки наведено в таблиці 1.3

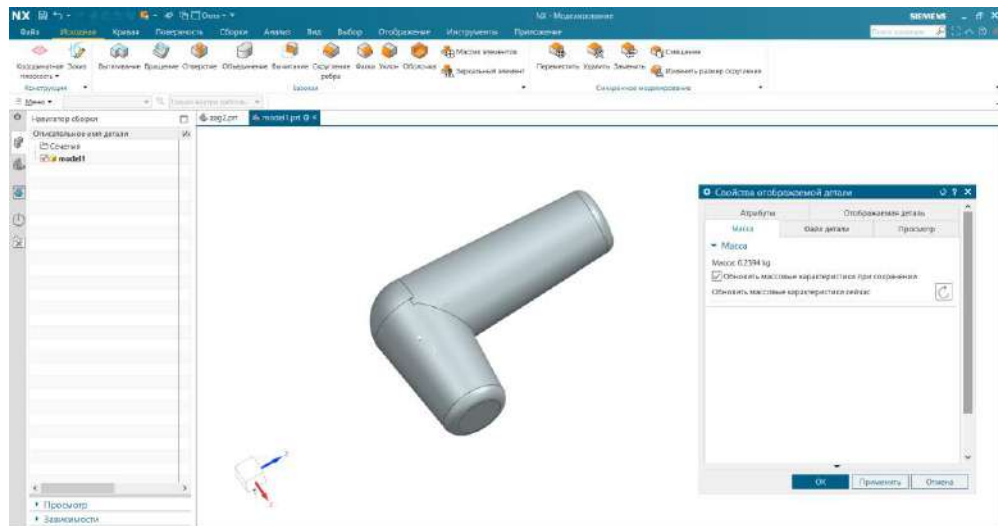


Рисунок 1.4 – Розрахунок маси для молота

Таблиця 1.3 – Параметри заготовок

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіант заготовки	
			КГШП	МОЛОТ
Маса	Q	кг	0,12	0,24
Базова ціна 1 т заготовок	C_B	грн	35000	31500
Коефіцієнти	K_T	—	1,05	1,05
	K_M	—	1,8	1,8
	K_B	—	0,9	0,9
	K_3	—	0,78	0,78
	K_{II}	—	1	1
Вартість стружки	S	грн	4500	4500
Собівартість	C	грн	4,7	9,97
КВМ	η	—	0,41	0,24

Економічний ефект [3]:

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

$$E_B = (9,97 - 4,7) \cdot 3000 = 15810 \text{ грн}$$

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 заготовлі, необхідні досягнення заданих показників якості цієї поверхні в деталі. Розрізняють загальне уточнення та уточнення щодо переходів.

Розраховуємо загальні уточнення для поверхні $\varnothing 14f6(-\frac{0.016}{0.027})$ за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.5)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, $Td_3 = 1,2$ мкм [4];

Td_d – допуск на розмір деталі, $Td_d = 0,011$ мкм;

$$\varepsilon_d = \frac{1.2}{0.011} = 109, \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{Rz_3}{Rz_d} \quad (1.6)$$

де Rz_3 – параметр шорсткості заготовки, $Rz_3 = 100$ мкм [4];

Rz_d – параметр шорсткості деталі, $Rz_d = 3,2$ мкм;

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0.8} = 31.2, \quad \varepsilon_\Delta = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.7)$$

де Δ_3 – похибка форми заготовки, $\Delta_3 = 0,5$ мкм [4];

Δ_d – похибка форми деталі, $\Delta_d = 0,025$ мкм [4].

$$\varepsilon_d = \frac{0,5}{0,025} = 20,$$

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

$$k \approx 2 \lg \varepsilon_d \quad (1.8)$$

$$k = 2 \lg 109 = 4.06$$

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 → f6.

2) Для шорсткості – Rz100 → Rz25 → Rz12,5 → Rz6,3 → Rz3,2

Уточнення для точіння чорнового ($T_{D1}=180$ мкм; $Rz_1=25$ мкм [6]):

$$\varepsilon_{d1} = \frac{1200}{180} = 6,6$$

$$\varepsilon_{Rz1} = \frac{100}{25} = 4$$

Уточнення для точіння чистового ($T_{D2}=70$ мкм; $Rz_2=12,5$ мкм [4]):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{180}{70} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Rz2} = \frac{25}{12,5} = 2$$

Уточнення для шліфування чорнового ($T_{D4}=27$ мкм; $Rz=6,3$ мкм [4]):

$$\varepsilon_{d4} = \frac{70}{27} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Rz4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Уточнення для шліфування чистового ($T_{D5} = 11$ мкм; $Rz_5 = 3,2$ мкм [4]):

$$\varepsilon_{d5} = \frac{27}{11} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{6,3}{3,2} = 1,9$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 6,6 \cdot 2,5 \cdot 2,5 \cdot 2,5 = 103,7 < \varepsilon_d = 109$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 4 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 1,9 = 31,2 < \varepsilon_{Ra} = 31,2$$

Таким же методом робимо розрахунки і для інших поверхонь. Отримані дані заносимо до таблиці 1.4

Таблиця 1.4 – МОП деталі.

Характер поверхонь	МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	ІТ	Метод обробки	Розмір	Шор- стість	Взаємне розташу- вання	Розмір	Шор- стість	Взаємне розташу- вання
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø14f6($^{+0,016}_{-0,027}$) Ra=0,8 ↑=0,025	17	Загот.	1200	100	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін. чорн.	180	25	200	6,6	4	2,5
	10	Точін. чист.	70	12,5	100	2,5	2	2
	8	Шліф. чорн.	27	6,3	50	2,5	2	2
	6	Шліф. чист.	11	3,2	25	2,5	1,9	2

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Ø10h10 _(-0.058) Ra=3,2 ↑=0,1	17	Загот.	1200	100	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін. чорн.	150	25	200	8	4	2,5
	10	Точін. чист.	58	12,5	100	2,6	2	2
Ø9,5h11 _(-0.09) Ra=3,2 ↑=0,1	17	Загот	1200	100	500	-	-	-
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін чорн.	150	25	200	8	4	2,5
	11	Точін чист.	90	12,5	100	1.6	2	2

1.5 Вибір технологічних баз

В конструкції заготовки передбачений хибний центр, який після застосування видаляється. На фрезерно-центрувальній операції в якості баз використовуються зовнішні циліндричні поверхні Ø17, Ø15, Ø10 та крайній торець. На цій операції виконуються центрові отвори, які будуть використовуватися при токарній обробці. Для токарних операцій в якості баз використовуються центрові отвори, зовнішні циліндричні поверхні Ø14, Ø10 та крайній торець. Для свердлильної та фрезерної операції в якості баз використовується зовнішні циліндричні поверхні Ø14, Ø10 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,
 - фрезерна обробка.
- 4) слюсарна обробка
 - 5) мийка,
 - 6) контроль.

1.7 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів

Проводимо визначення припусків розрахунково-аналітичним методом для поверхні $\varnothing 14f6(-0.016/-0.027)$

Просторові похибки у заготівлі:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (1.9)$$

де $\rho_{зм}$ – неспіввісність осей шийок заготовки, $\rho_{зм} = 0,3$ мм [4],

$\rho_{кор}$ – похибка короблення, $\rho_{кор} = 0,5$ мм [4],

$$\rho_1 = \sqrt{0,3^2 + 0,5^2} = 0,58 \text{ мм}$$

Просторові похибки після ТО:

$$\rho_{ТО} = \Delta_k \cdot L \quad (1.10)$$

де $\Delta_{кор}$ – кривизна після ТО, $\Delta_{кор} = 0,1$ мкм/мм [6].

$$\rho_{ТО} = 0,1 \cdot 60 = 6 \text{ мкм}$$

Просторові похибки для механічних операцій:

$$\rho_2 = K_{yt} \cdot \rho_1 \quad (1.11)$$

K_{yt} – коефіцієнт уточнення [4],

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 580 = 35 \text{ мкм}$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 35 = 1,4 \text{ мкм}$$

$$\rho_5 = 0,03 \cdot 1,4 = 0,04 \text{ мкм}$$

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = K_{yt} \cdot \varepsilon_2 \quad (1.12)$$

де K_{yt} – коефіцієнт уточнення [4],

$\varepsilon_2 = 200$ – похибка закріплення у трикулачковому патроні [4].

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 200 = 8 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 8 = 0,24 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_6 = 0,03 \cdot 0,24 = 0 \text{ мкм}$$

Шорсткість поверхонь по переходам:

- 1) Для заготовки: $Rz=100 \text{ мкм}$ и $h=150 \text{ мкм}$ [4]
- 2) Для чорнового точіння: $Rz=25 \text{ мкм}$ и $h=40 \text{ мкм}$,
- 3) Для точіння чистового: $Rz=12,5 \text{ мкм}$ и $h=20 \text{ мкм}$,
- 4) Для шліфування чорнового: $Rz=6,3 \text{ мкм}$ и $h=15 \text{ мкм}$,
- 5) Для шліфування чистового: $Rz=3,2 \text{ мкм}$ и $h=10 \text{ мкм}$.

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою:

$$2z_i^{\min} = 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \quad (1.13)$$

$$2z_2^{\min} = 2(100 + 150 + \sqrt{580^2 + 200^2}) = 1687 \text{ мкм}$$

$$2z_3^{\min} = 2(25 + 40 + \sqrt{35^2 + 8^2}) = 230 \text{ мкм}$$

$$2z_4^{\min} = 2 \left(12,5 + 20 + \sqrt{1,4^2 + 0,24^2} \right) = 83 \text{ мкм}$$

$$2z_5^{\min} = 2 \left(6,3 + 15 + \sqrt{0,04^2 + 0^2} \right) = 50 \text{ мкм}$$

Максимальний розмір поверхні деталі:

$$d_5^{\max} = d_6^{\min} + ES_{d6} \quad (1.14)$$

$$d_5^{\max} = 14 - 0,016 = 13,984 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

$$d_i^{\max} = d_{i+1}^{\max} + 2z_{i+1}^{\min} + Td_i \quad (1.15)$$

$$d_4^{\max} = 13,984 + 0,05 + 0,027 = 14,061 \text{ мкм}$$

$$d_3^{\max} = 14,061 + 0,07 + 0,083 = 14,214 \text{ мкм}$$

$$d_2^{\max} = 14,214 + 0,18 + 0,23 = 14,624 \text{ мкм}$$

$$d_1^{\max} = 14,624 + 1,687 + 1,2 = 17,511 \rightarrow 17,5 \text{ мкм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

$$d_i^{\min} = d_i^{\max} - Td_i \quad (1.16)$$

$$d_5^{\min} = 13,984 - 0,011 = 13,973 \text{ мм}$$

$$d_4^{\min} = 14,061 - 0,027 = 14,034 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 14,214 - 0,07 = 14,144 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 14,624 - 0,18 = 14,444 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 17,5 - 1,2 = 16,3 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.17)$$

$$2z_2^{\max} = 17,5 - 14,444 = 3,056 \text{ мм}$$

$$2z_3^{\max} = 14,624 - 14,144 = 0,48 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 14,214 - 14,034 = 0,18 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 14,061 - 13,973 = 0,088 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.18)$$

$$2z_0^{\max} = d_1^{\max} - d_6^{\min} \quad (1.19)$$

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.20)$$

$$2z_0^{\max} = 17,5 - 13,973 = 3,527 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 16,3 - 13,984 = 2,316 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 1,2 + 0,011 = 1,211 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 3,527 - 2,316 = 1,211 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 16,7_{-0,4}^{+0,8}$ мм.

Отримані результати заносимо до таблиці 1.5.

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

Для поверхні $\varnothing 10h10_{(-0.058)}$:

1. Чорнове точіння – 2 мм,

2. Чистове точіння – 1 мм,

Значення припусків по переходам знаходимо аналогічно та отримані результати заносимо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків на обробку та технологічні операційні розміри по технологічним переходам.

Характеристи ка поверхонь	МОП		Складові припуску, мкм				До- пуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір, мм
	ІТ	Метод обробки	R _{zi}	h _i	ρ _i	ε _i	Td, мм	$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$ мкм	$2z_i^{\min}$ мкм	
Ø14($^{-0.016}_{-0.027}$)	17	Заготовка	100	150	580	-	1200	17,5	16,3	-	-	Ø16,7($^{+0,8}_{-0,4}$)
	-	ТО	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
	12	Точіння чорнове	25	40	35	200	180	14,624	14,444	3056	1687	Ø14,6 _{-0,18}
	10	Точіння чистове	12,5	20	1,4	8	70	14,214	14,144	480	230	Ø14,2 _{-0,07}
	8	Шліфування чорнове	6,3	15	0,04	0,24	27	14,061	14,034	180	83	Ø14,06 _{-0,027}
	6	Шліфування чистове	3,2	10	0	0	11	13,984	13,973	88	50	Ø14($^{-0.016}_{-0.027}$)
							3,527-2,316=1,2+0,011 1,211=1,211			3,527	2,316	
Ø10($_{-0.058}$)	17	Загот					1200	14,3	13,1	-	-	Ø13,5($^{+0,8}_{-0,4}$)
	-	ТО					-	-	-	-	-	Ø11,15 _{-0,15}
	12	Точін. черн.					150	11,15	11	3350	2000	Ø10 _{-0,058}
	10	Точін. чист.					58	10	9,942	1208	1000	
							4,408-3,15=1,2+0,058 1,258=1,258			4,408	3,15	

1.8 Розрахунок режимів різання та норм часу

1.8.1 Операція 015 – фрезерно-центрувальна

Операцію виконуємо на фрезерно-центрувальному верстаті моделі МР71М. Технічні характеристики верстата:

- 1) Максимальний діаметр – 150 мм;
- 2) Максимальна довжина – 600 мм;
- 3) Частота обертання свердлильного шпинделя – 15...3000 об/хв.
- 4) Частота обертання фрезерного шпинделя – 30...1500 об/хв.
- 5) Подача свердління – 0,09...1,35 мм/об.
- 6) Подача фрезерування – 20...400 мм/хв;
- 7) Пришвидшена подача – 15 м/хв;
- 8) Електропотужність – 7,5 кВт

Ескіз операції зображено на рис. 1.5.

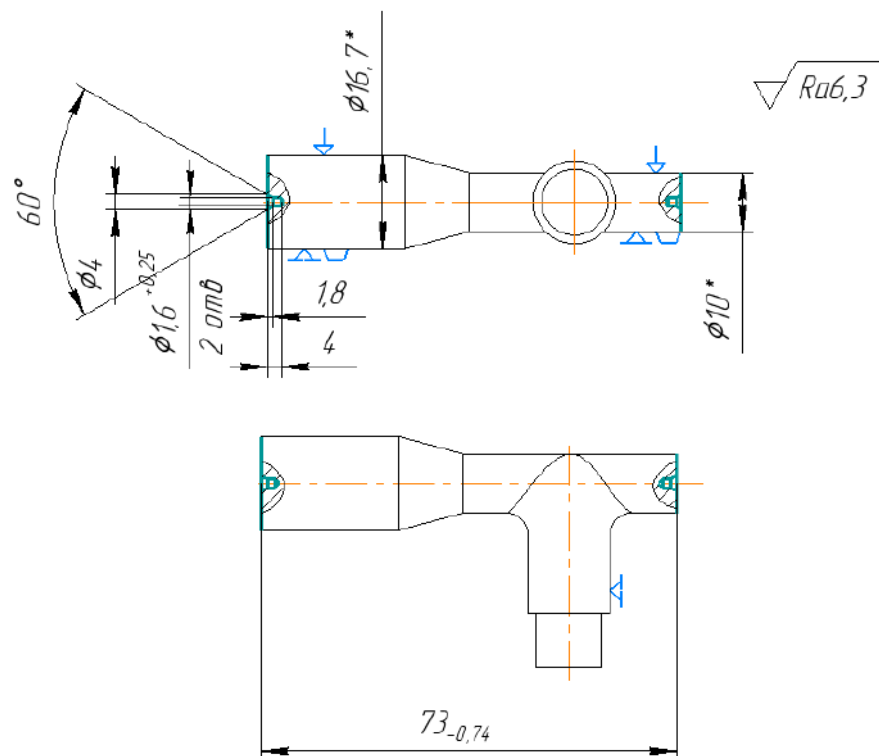


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз

Інструмент:

- 1) Фреза торцева Т15К6 ГОСТ 24359-80 [5];
- 2) Свердло центровальне Р6М5 ГОСТ 14952-75 [5].

Вимірювальний інструмент: шаблон, штангенциркуль ШЦ - III-500-0,1

Операція складається з 2 переходів:

- 1) Перший перехід – підрізати торці;
- 2) Другий перехід – центрувати торці.

Глибина різання розраховується за формулою:

$$t_{\text{св}} = \frac{D_{\text{св}}}{2} \quad (1.21)$$

де $D_{\text{св}}$ – діаметр свердла.

$$t_{\text{св}} = \frac{1,6}{2} = 0,8 \text{ мм}$$

Для фрезерування $t_{\text{фр}}=1 \text{ мм}$

Подачу розраховуємо згідно формули:

$$S = S_{\text{т}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (1.22)$$

де $S_{\text{т}}$ – табличне значення подачі;

K_1 – поправочний коефіцієнт на величину подачі в залежності від матеріалу оброблюваної деталі;

K_2 – поправочний коефіцієнт величину подачі залежно від виду обробки.

Для свердління:

де $S_{\text{т}}$ – табличне значення подачі, $S_{\text{т}}=0,06 \text{ мм/хв}$ [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт на величину подачі в залежності від матеріалу оброблюваної деталі, $K_1=1$ [6];

K_2 – поправочний коефіцієнт величину подачі залежно від виду обробки, $K_2=1$ [6].

$$S_{\text{сверл.}} = 0,06 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,06 \text{ мм/об}$$

Приймаємо по паспорту верстату $S_{\text{сверл.}} = 0,06$ мм/об.

Для фрезерування торців:

де S_T – табличне значення подачі, $S_T = 0,035$ мм/зуб [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт на величину подачі в залежності від матеріалу оброблюваної деталі, $K_1 = 1,25$ [6];

K_2 – поправочний коефіцієнт величину подачі залежно від виду обробки, $K_2 = 0,95$ [6].

$$S_{\text{фр.}} = 0,035 \cdot 1,25 \cdot 0,95 = 0,042 \text{ мм/зуб}$$

Приймаємо $S_{\text{фр.}} = 0,05$ мм/зуб.

Швидкість різання розраховуємо згідно формули:

$$V_P = V_T \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot \dots \cdot K_n \quad (1.23)$$

де V_T – табличне значення швидкості;

K_1 – поправочний коефіцієнт, що залежить від охолодження;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від кута у плані;

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стану поверхні, що обробляється;

K_4 – поправочний коефіцієнт при поперечному фрезеруванні;

K_5 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини інструменту;

K_6 – коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу;

K_7 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання;

K_8 – коефіцієнт, що залежить від подачі;

K_9 – коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту.

Для фрезерування:

де V_T – табличне значення швидкості, $V_T = 150,2$ м/хв [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт, що залежить від охолодження, $K_1 = 1$ [6];

K_2 – коефіцієнт, який залежить від кута у плані, $K_2 = 0,8$ [6];

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стану поверхні, що обробляється, $K_3 = 1$ [6];

K_4 – поправочний коефіцієнт при поперечному фрезеруванні, $K_4 = 1$ [6];

K_5 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини інструменту, $K_5 = 1,1$ [6];

K_6 – коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу, $K_6 = 0,83$ [6];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_7 = 1$ [6];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від подачі, $K_8 = 0,87$ [6];

K_9 – коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту, $K_9 = 1,1$ [6].

$$V_p = 150,2 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 0,87 \cdot 1,1 = 105 \text{ м/хв}$$

Для свердління:

де V_T – табличне значення швидкості, $V_T = 10,2$ м/хв [6];

K_1 – поправочний коефіцієнт, що залежить від охолодження, $K_1 = 0,55$ [6];

K_2 – коефіцієнт, який залежить від кута у плані, $K_2 = 0,55$ [6];

K_3 – коефіцієнт, який залежить від стану поверхні, що обробляється $K_3 = 1,15$ [6];

K_4 – поправочний коефіцієнт при свердлінні, $K_4 = 1$ [6];

K_5 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу різальної частини інструменту, $K_5 = 1,85$ [6];

K_6 – коефіцієнт, який залежить від твердості оброблюваного матеріалу $K_6 = 0,82$ [6];

K_7 – коефіцієнт, що залежить від глибини різання, $K_7 = 1$ [6];

K_8 – коефіцієнт, що залежить від подачі, $K_8 = 0,83$ [6];

K_9 – коефіцієнт, що залежить від стійкості інструменту, $K_9 = 1,1$ [6].

$$V_p = 10,2 \cdot 0,55 \cdot 1,25 \cdot 1,15 \cdot 1 \cdot 1,85 \cdot 0,82 \cdot 1 \cdot 0,83 = 10,2 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} \quad (1.24)$$

$$n_{\text{св}} = \frac{1000 \cdot 10,2}{3,14 \cdot 1,6} = 2030 \text{ об/хв}$$

$$n_{\text{фр}} = \frac{1000 \cdot 105}{3,14 \cdot 100} = 759 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата для фрезерування $n_{\text{фр}}=750$ об/хв. Для свердла знижуємо за умови стійкості $n_{\text{св}}=1000$ об/хв

Визначаємо хвилинну подачу фрезерування:

$$S_M = S_Z \cdot n \cdot z \quad (1.25)$$

$$S_M = 0,05 \cdot 750 \cdot 8 = 300 \text{ мм/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $S_M=300$ мм/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою:

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

$$V_{d \text{ св}} = \frac{3,14 \cdot 1000 \cdot 1,6}{1000} = 5 \text{ м/хв}$$

$$V_{d \text{ фр}} = \frac{3,14 \cdot 750 \cdot 100}{1000} = 105 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

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

де $l_{\text{фр}}$ – довжина фрезерування, $l=16,7$ мм;

$l_{\text{св}}$ – довжина свердління, $l_{\text{св}}=4$ мм;

$l_{2 \text{ фр}}$ – величина перебігу при фрезеруванні, $l_{2 \text{ фр}}=2+100=102$ мм мм;

$l_{2 \text{ св}}$ – величина перебігу при свердління, $l_{2 \text{ св}}=0$ мм;

l_1 – величина врізання, мм;

$$l_{1\phi p} = 0,5 \cdot D_{\phi} \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D_{\phi}} \right) \right), \text{ мм} \quad (1.28)$$

$$l_{1\phi p} = 0,5 \cdot 100 \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 1}{100} \right) \right) = 17,1 \text{ мм};$$

$$l_{1\text{св}} = \frac{D_{\text{св}}}{2 \operatorname{tg} 60}, \text{ мм} \quad (1.29)$$

$$l_{1\text{св}} = \frac{1,6}{2 \operatorname{tg} 60} = 0,5 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{16,7 + 17,1 + 102}{300} + \frac{4 + 0,5}{1000 \cdot 0,06} = 0,83 \text{ хв.}$$

1.8.2 Операція 060 – шліфувальна

Шліфування виконується на круглошліфувальному верстаті моделі Bernardo URS 500 N. Інструмент: шліфувальне коло 1 400 x 50 x 203 15A 40H CT1 6 K8 A 50м/с ГОСТ 2424-83 [5]. Пристосування: центр, хомутик повідковий. Операційний ескіз зображено на рис. 1.6.

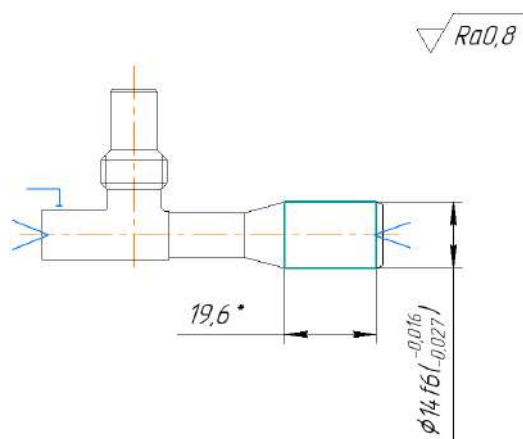


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Технічні характеристики верстата:

- 1) Відстань між центрами – 500 мм;

- 2) Висота центру – 135 мм;
- 3) Поздовжнє переміщення столу – 600 мм;
- 4) Вага – 2170 кг;
- 5) Габарити – 2150 x 1450 x 1700 мм;
- 6) Максимальна вага заготовки – 60 кг;
- 7) Діаметр зовнішнього шліфування – 8-200 мм;
- 8) Діаметр внутрішнього шліфування – 13 - 100 мм ;
- 9) Потужність двигуна шліфів – 4,0 кВт.
- 10) Швидкість обертання шліфувального шпинделя (зовнішній)–
1670 об / хв

Глибина різання $t=19,6$ мм.

Припуск на обробку: $Z=0,088/2=0,044$ мм.

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

Подача радіальна розраховуємо по формулі (1.22):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,008$ мм/об [6];

K_D – коефіцієнт враховуючий діаметр круга, $K_D = 0,82$ [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, $K_{IT} = 0,75$ [6];

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

$$S = 0,008 \cdot 0,82 \cdot 0,85 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1 = 0,004 \text{ мм/об}$$

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

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

Частоту обертання розраховуємо за формулою (1.24):

$$n_{дет.}^p = \frac{1000 \cdot 50}{3,14 \cdot 14} = 1137 \text{ об/хв}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n_{ш.кр.}=1670$ об/хв, $n_{дет.}=1000$ об/хв.

Фактичну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.26):

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

$$V_{ш.кр.} = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000 \cdot 60}$$

$$V_{ш.кр.} = \frac{3,14 \cdot 400 \cdot 1670}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}$$
(1.30)

Визначаємо основний час:

$$t_o = \frac{z \cdot k}{n_{дет} \cdot S_{п}}, \text{ хв}$$
(1.31)

де $k=1,7$ – коефіцієнт уточнення,

$$t_o = \frac{0,044 \cdot 1,7}{1000 \cdot 0,0025} = 0,03 \text{ хв}$$

1.8.3 Операція 020 - токарна

Чорнове точіння ведеться на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) моделі Сogmak SAM6. Операційний ескіз представлений на рис. 1.7. Інструмент: різець токарний підрізний Т15К6 ГОСТ 18880-73 [6].

Технічні характеристики:

- 1) діаметр обробки над станиною: 320 мм;
- 2) діаметр обточування над супортом: 90 мм;
- 3) довжина обробки: 500 мм;
- 4) оберти шпинделя: 100-2500 об/хв;
- 5) прохідний діаметр шпинделя: 32 мм;
- 6) конус шпинделя: MT5;

- 7) кількість інструментів: 4;
- 8) розмір інструмента: 16x16 мм;
- 9) конус пінолі задньої бабки: МКЗ;
- 10) хід пінолі задньої бабки: 100 мм;
- 11) потужність двигуна: 2,2 кВт;
- 12) розміри: 1500 x 1000 x 1700 мм;
- 13) вага: 950 кг.

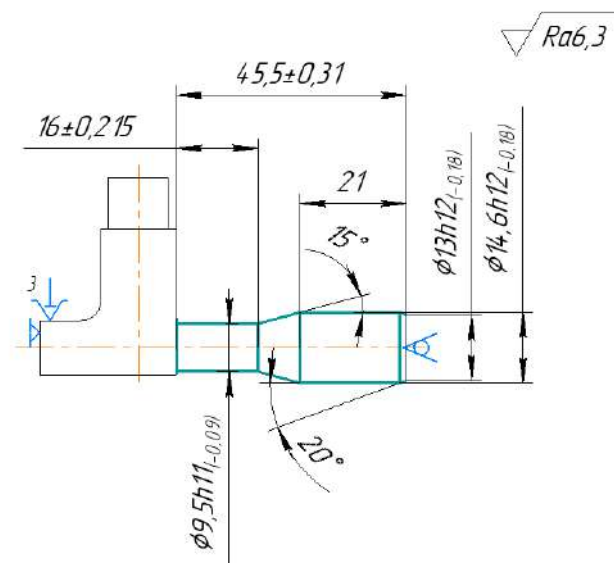


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз деталі

Глибина різання: $t=1$ мм.

Подача за формулою (1.22):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,48$ мм/об [7];

K_{Sn} – коефіцієнт враховуючий стан поверхні, $K_{Sn} = 0,42$ [7];

K_{Si} – коефіцієнт враховуючий матеріал різця, $K_{Si} = 1,0$ [7];

K_{S3} – коефіцієнт враховуючий форму поверхні, $K_{S3} = 1,0$ [7];

$K_{Sф}$ – коефіцієнт враховуючий припуск на обробку, $K_{Sф} = 1,0$ [7];

$K_{Sж}$ – коефіцієнт враховуючий жорсткість деталі, $K_{Sж} = 0,85$ [7];

K_{SM} – коефіцієнт враховуючий матеріал деталі, $K_{SM} = 1,0$ [7].

$$S_p = 0,48 \cdot 0,42 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо $S=0,1\text{мм/об}$.

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.23):

де V_m – табличне значення швидкості, $V_m=231\text{ м/хв}$ [7];

K_{PI} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{PI}=0,86$ [7];

K_{CT} – коефіцієнт, що враховує стійкість різця, $K_{CT}=0,8$ [7];

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від виду обробки, $K_{II}=1,2$ [7];

K_C – коефіцієнт, що залежить від використання ЗОТС, $K_C=0,9$ [7];

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

$$V_p = 231 \cdot 0,9 \cdot 1,2 \cdot 0,8 \cdot 0,86 \cdot 0,7 = 120\text{м/хв}.$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.24):

$$n = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 14,6} = 2617\text{об/хв}$$

Приймаємо по верстату: $n=2500\text{ об/хв}$.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.26):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 14,6 \cdot 2500}{1000} = 114\text{ м/хв}$$

Розраховуємо основний машинний час:

$$t_o = \frac{(l+l_{вр}+l_{пер}) \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв} \quad (1.32)$$

де l – довжина різання, мм;

$l_{пер}$ – величина перебігу, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання, мм;

i – кількість проходів.

$$t_o = \frac{35,7 + 2 + 2}{2500 \cdot 0,1} \cdot 2 = 0,16\text{хв}$$

Режими різання для інших операцій наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати розрахунку режимів різання

Номер та назва операції	Номер переходу	Режими різання				
		глибина різання t , мм	кіль- кість прохо- дів i	подача S , мм/об	швидкість різання V , м/хв	частота обертів шпинделя n , об/хв
015 Фрезерно-центрувальна	01	1	1	300	105	750
	02	0,8	1	0,06	5	1000
020 Токарна	01	1	2	0,1	114	2500
025 Токарна	01	1	2	0,1	120	2500
030 Токарна	01	1	2	0,1	95	2500
035 Токарна	01	0,5	2	0,1	150	2500
	02	1,5	1	0,1	25	1500
	03	3	1	0,1	25	750
	04	0,1	6	1	15	500
040 Токарна	01	0,5	2	0,1	114	2500
	02	1,5	1	0,1	25	1500
	03	4	1	0,1	25	500
	04	0,1	6	1	15	500
045 Токарна	01	0,1	1	0,1	25	2500
050 Токарна	01	0,1	1	0,1	22	2500
055 Круглошліфувальний	01	19,6	1	0,005	44/35	1670/1000
060 Круглошліфувальний	01	19,6	1	0,0025	44/35	1670/1000
065 Токарна	01	2	1	0,05	92	2500
070 Фрезерна	01	0,2	20	80	25	800
	02	3	1	50	22	800
075 Свердлильна	01	0,6	1	0,05	9,4	2500

1.9 Технічне нормування операцій

1.9.1 Технічне нормування операції №015

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.33)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,3$ хв [7];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,5$ хв [7];

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

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.34)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,25$ хв [7];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [7].

$$t_{\text{контр}} = 0,25 \cdot 0,4 = 0,1 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,3 + 0,5 + 0,1 = 0,9 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.35)$$

$$t_{\text{оп}} = 0,83 + 0,9 = 1,73 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.36)$$

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

$$t_{\text{дод}} = 1,73 \cdot 0,1 = 0,17 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.37)$$

$$t_{\text{шт}} = 1,73 + 0,17 = 1,9 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за

формулою:

$$t_{пз} = t_{пз1} + t_{пз2} \quad (1.38)$$

де $t_{пз1}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{пз1} = 12$ хв [7];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{пз2} = 13$ хв [7];

$$t_{пз} = 12 + 13 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{шт-к} = t_{шт} + \frac{t_{пз}}{n} \quad (1.39)$$

$$t_{шт-к} = 1,9 + \frac{25}{60} = 2,31 \text{ хв}$$

1.9.2 Технічне нормування операції 060

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.33), (1.34):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,4$ хв [7];

$t_{мд}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,7$ хв [7];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,1$ хв [7];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [7].

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

$$t_{доп} = 0,4 + 0,7 + 0,1 = 1,2 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{оп} = 0,03 + 1,2 = 1,23 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.36):

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

$$t_{\text{дод}} = 1,23 \cdot 0,1 = 0,12 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 1,23 + 0,12 = 1,35 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.38):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 13 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 5 \text{ хв}$ [7].

$$t_{\text{пз}} = 12 + 13 + 5 = 30 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,35 + \frac{30}{60} = 1,85 \text{ хв}$$

1.9.3 Технічне нормування операції 020

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.33), (1.34):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,6 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{мд}}$ – машино-допоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,7 \text{ хв}$ [7];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,1$ хв [7];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [7].

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

$$t_{\text{доп}} = 0,6 + 0,7 + 0,1 = 1,4 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.35):

$$t_{\text{оп}} = 0,16 + 1,4 = 1,56 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.36):

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

$$t_{\text{дод}} = 1,56 \cdot 0,1 = 0,16 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.37):

$$t_{\text{шт}} = 1,56 + 0,16 = 1,72 \text{ хв}$$

Підготовчо-заклучний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.38):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 11$ хв [7];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 7$ хв [7];

$$t_{\text{пз}} = 11 + 7 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.39):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,72 + \frac{18}{60} = 2,02 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для інших операцій наведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – 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 Фрезерно-центрувальна	0,83	0,9	0,17	1,9	25	2,31
020 Токарна	0,16	1,4	0,16	1,72	18	2,02
025 Токарна	2,5	1,4	0,39	4,29	18	4,59
030 Токарна	4,2	1,4	0,56	6,16	18	6,46
035 Токарна	2,4	1,4	0,38	4,18	18	4,48
040 Токарна	2,3	1,4	0,37	4,07	18	4,37
045 Токарна	6,5	1,4	0,79	8,69	18	8,99
050 Токарна	7,5	1,4	0,89	9,79	18	10,09
055 Круглошліфувальний	1,5	1,2	0,27	2,97	30	3,47
060 Круглошліфувальний	0,03	1,2	0,12	1,35	30	1,85
065 Токарна	1,5	1,4	0,29	3,19	18	3,49
070 Фрезерна	12	0,8	1,28	14,08	15	14,33
075 Свердлильна	1,2	0,6	0,18	1,98	22	2,35

1.10 Розробка керуючої програми на свердлильну операцію з ЧПК

Для свердлильної операції №075 на обробному центрі MAST MM 855 S24 розробимо керуючу програму (КП) в програмному забезпеченні NX CAM. Спочатку створимо 3D-моделі деталі на поточній та попередній операціях (рис. 1.8).

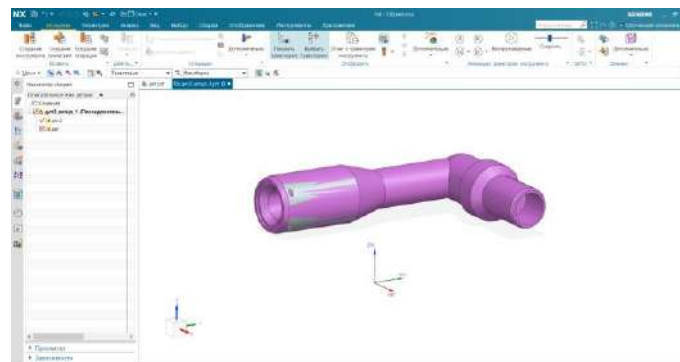


Рисунок 1.8 – 3D-модель деталі

Далі було створено свердло для виконання даної операції (рис. 1.9).

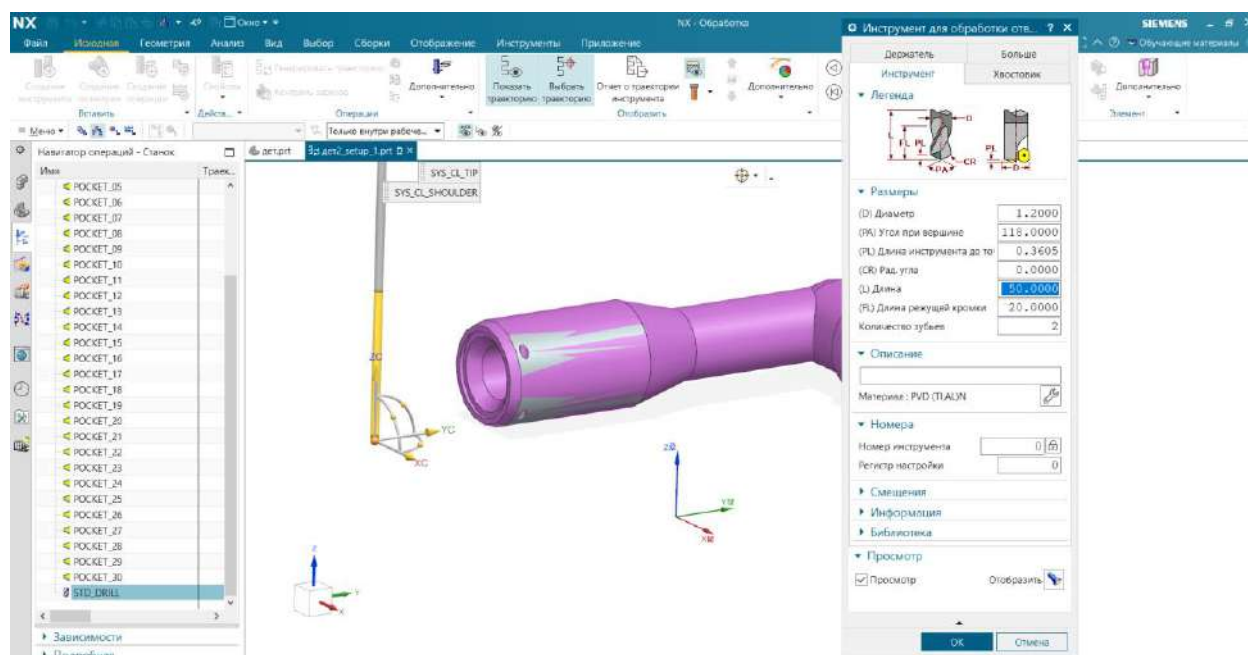


Рисунок 1.9 – Свердло

Після цього було створено операцію свердління. Визначено положення системи координат, задані режими різання (рис. 1.10) та згенеровано траєкторії (рис. 1.11).

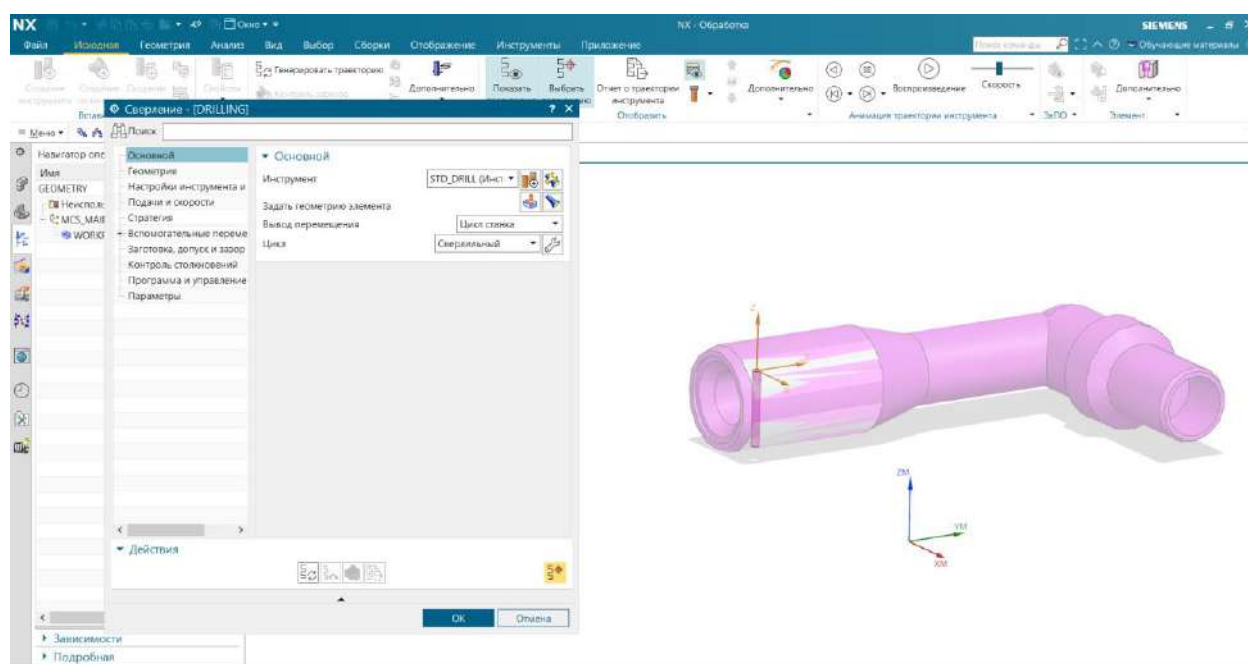


Рисунок 1.10 – Траєкторії обробки

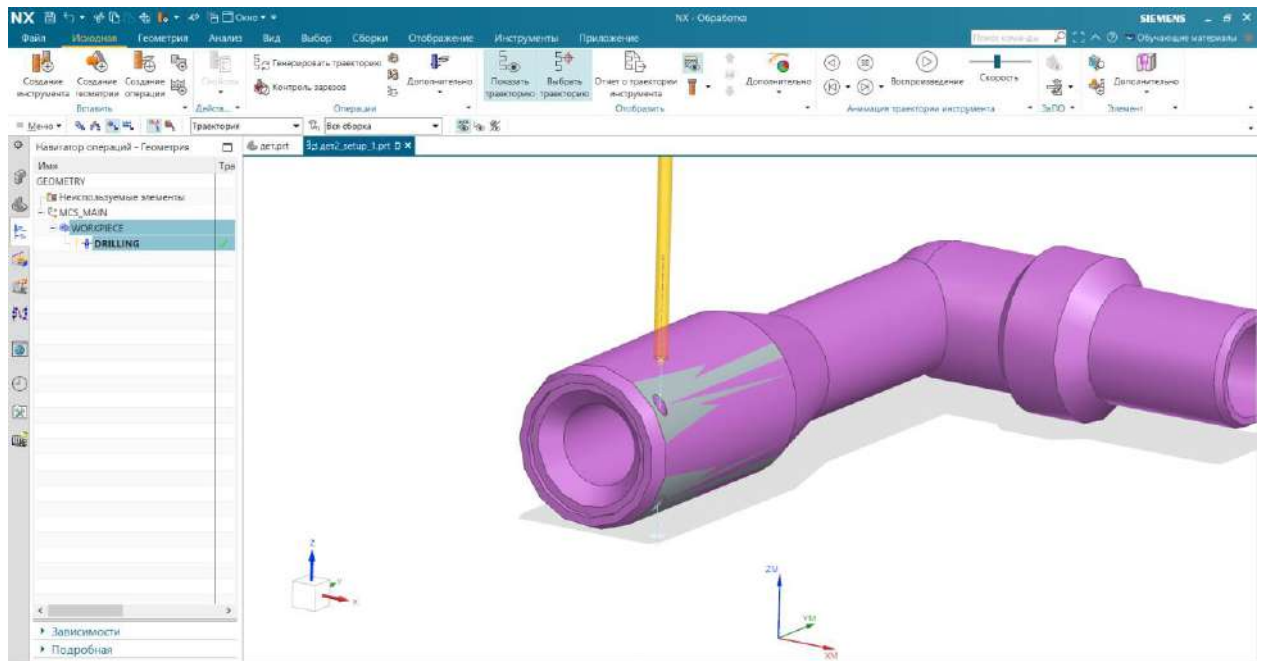


Рисунок 1.11 – Траекторії обробки

Після перевірки траєкторій була проведена симуляція обробки (рис. 1.12).

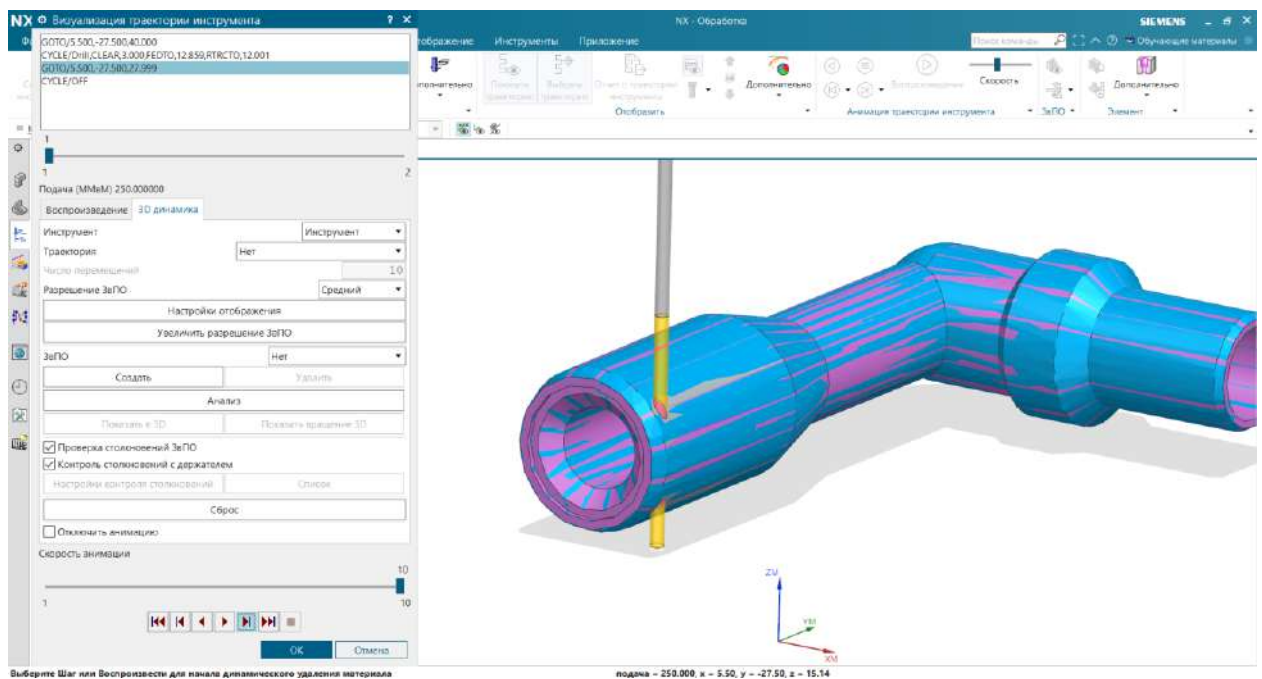


Рисунок 1.12 – Симуляція обробки

Результат розробки керуючої програми операції з ЧПК в модулі NX CAM наведено на форматі A1.

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування та розрахунок пристрою для свердління

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи пристрою

Спроекований пристрій (рис. 2.1) призначений для свердління отвору діаметром 1,2 мм в деталі «Корпус». Деталь, що обробляється, встановлюється на призми 2, 13. У корпусі 1 встановлений пневмоциліндр. При переміщенні поршню 3 шток 4 тисне на клин 8, який у свою чергу рухає важелі 6. Заходячи на оброблювану деталь важелі 6 скосом затискають її. Після закінчення обробки поршень 3 та шток 4 пневмоциліндра переміщається вліво і відпускає важелі 6, які, за допомогою пружини 9 розтискаються та звільняють оброблену деталь.

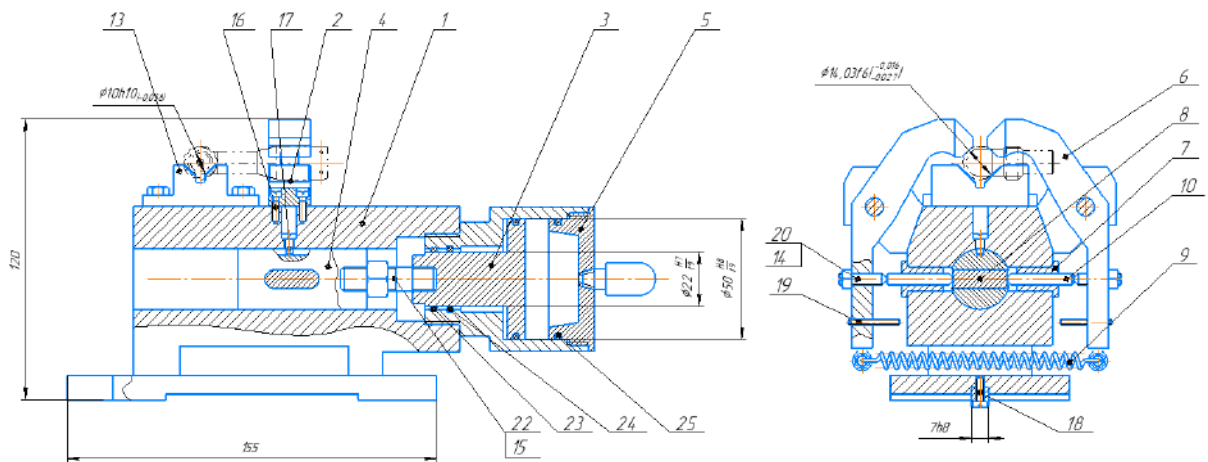


Рисунок 2.1 – Пристосування

2.1.2 Обґрунтування способу базування

Похибка встановлення – одна із складових загальної похибки виконавчого розміру, виражає похибку встановлення заготівлі та розрахо-

вується за формулою [9]:

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

де ε_{σ} – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення

Деталь встановлюється на призму з кутом 90° по поверхні $\varnothing 14_{-0,027}^{-0,016}$ (рис. 2.2). Для такого базування похибка дорівнює [9]:

$$\varepsilon_{\sigma} = K_1 \cdot TD \quad (2.2)$$

де $T_D = 0.052\text{мм}$ - допуск;

$K_1 = 1,21$ – коефіцієнт.

$$\varepsilon_{\sigma} = 1.21 \cdot 0,011 = 0,013\text{мм}$$

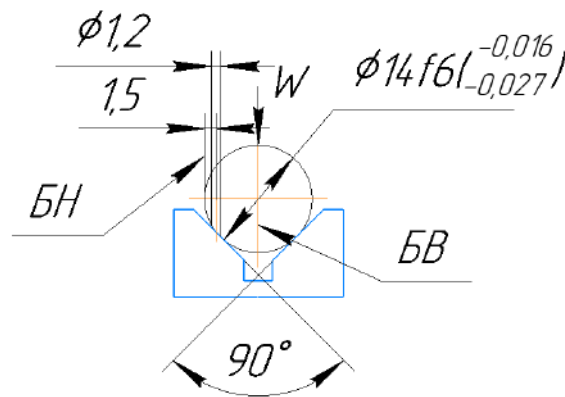


Рисунок 2.2 – Схема встановлення у призму

Похибка закріплення дорівнює нулю, тому що напрям сили затиску перпендикулярний розміру на обробку.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,013^2 + 0^2} = 0,013\text{мм}$$

2.1.3 Розрахунок необхідної сили затиску деталі

Схема для розрахунку сили затиску зображена на рис. 2.3.

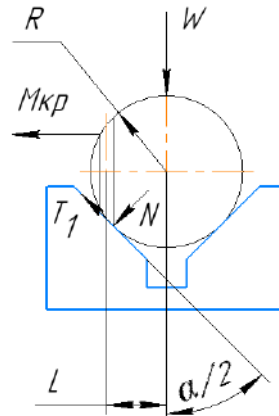


Рисунок 2.3 – Схема до визначення сили закріплення [9]

Сила затиску дорівнює [9]:

$$W = \frac{M_{кр}(\cos(\frac{\alpha}{2})\sin(\frac{\alpha}{2}) - f\cos^2(\frac{\alpha}{2}))}{L} \quad (2.3)$$

де $M_{кр}$ – момент різання;

L , α – конструктивні розміри;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,15$.

Дійсна сила затиску [9]:

$$W_D = W \cdot k \quad (2.4)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення.

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

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

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

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого затуплення інструменту $k_2=1,7$.

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

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

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

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

$$k=1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 2,55$$

Визначення моменту різання при свердлінні:

$$M_{kp} = 10 C_m D^q S^y K_p \quad (2.6)$$

де, S , D – параметри різання;

C_m , y , q – коефіцієнти [7].

$$K_p = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{610}{750} \right)^{0.35} = 0,93 \quad (2.7)$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,041 \cdot 1,2^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,93 = 0,12 Hm$$

Дійсна сила закріплення по формулам (2.3), (2.4):

$$W = \frac{0,12 \cdot (\cos(45) \sin(45) - 0,15 \cdot \cos^2(45))}{0,0055} = 9,1 H$$

$$W_d = 9,1 \cdot 2,55 = 23,4 H$$

На рис. 2.4 зображена схема для розрахунку сили на штоці [9].

Визначаємо силу на штоку пневмоциліндра [9]:

$$P = \frac{W}{2 \cos 70} \quad (2.8)$$

$$P = \frac{23,4}{2 \cdot 0,34} = 34,4 H$$

$$P_1 = \frac{P \cdot (L + f \cdot \sin \gamma \cdot R) + P_{\text{пр}} \cdot (h - f \cdot R)}{L_1 - f \cdot (R - h_1)} \quad (2.9)$$

$$Q = 2 P_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \beta); \quad (2.10)$$

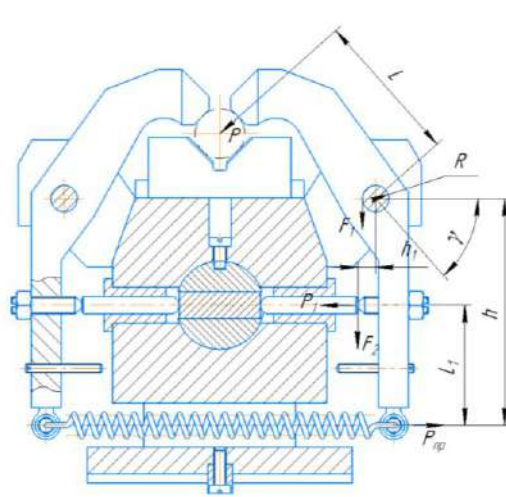


Рисунок 2.4 – Схема важільного механізму [9]

$$P_1 = \frac{34,4 \cdot (0,045 + 0,15 \sin 70 \cdot 0,0037) + 4(0,064 - 0,15 \cdot 0,0037)}{0,03 - 0,15(0,0037 - 0,004)} = 9,1 H$$

$$Q = 2 \cdot 9,1 \cdot \operatorname{tg}(20) = 6,6 H;$$

Мінімальний діаметр штока [9]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot Q}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.11)$$

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

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

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 6,6}{3,14 \cdot 100}} = 0,4 \rightarrow 22_{\text{мм}}$$

Діаметр циліндра [9]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{p \cdot \eta \cdot \pi} + d^2} \quad (2.12)$$

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

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

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,6}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 22^2} = 22,5 \Rightarrow 50_{\text{мм}}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи

Контрольне пристосування (рис. 2.5) призначено для контролю радіального биття $0,025\text{мм}$ внутрішньої різі М8 відносно бази А. В деталь при контролі вкручується спеціальна оправка по діаметру М8. Деталь встановлюється по базі А в призму. На штанзі пристосування встановлений індикаторний годинник. Ніжка годинника встановлюється по шийці оправки. Шляхом обертання деталі в призмі вимірюють значення биття різі.

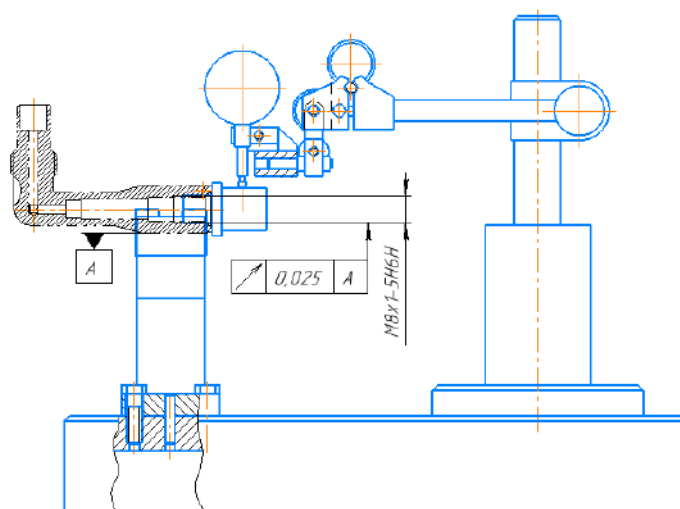


Рисунок 2.5 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність

Перевірку деталі «Корпус» на міцність виконаємо на основі міцнісного розрахунку в програмному забезпеченні NX CAE. Для оцінки міцності необхідно розрахувати коефіцієнт запасу міцності за формулою [2]:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.13)$$

де $[\sigma]$ – допустиме значення границі міцності сталі 14X17H2, $[\sigma]=539$ МПа [1];

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження згідно комп'ютерного розрахунку.

У вузлі деталь «Корпус» вгвинчена по різі М14 в двигун, а у внутрішній отвір в різь М8 вгвинчений патрубок. При роботі двигуна корпус зазнає під дією інерціальних сил згин в по двом перпендикулярним напрямкам. Для розрахунку деталь було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.6). Далі на деталь були накладені обмеження у вигляді закріплення по різі М14, а в отвір М8 накладене радіальне та тангенціальне зусилля (рис. 2.7).

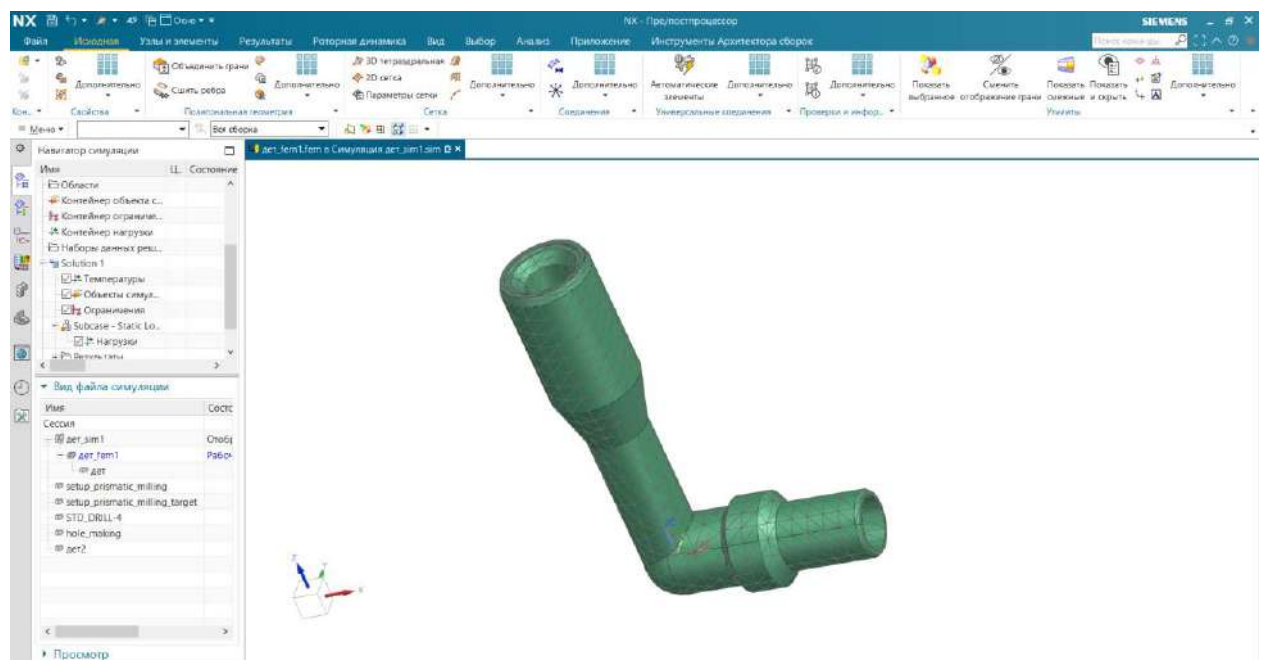


Рисунок 2.6 – Деталь «Корпус»

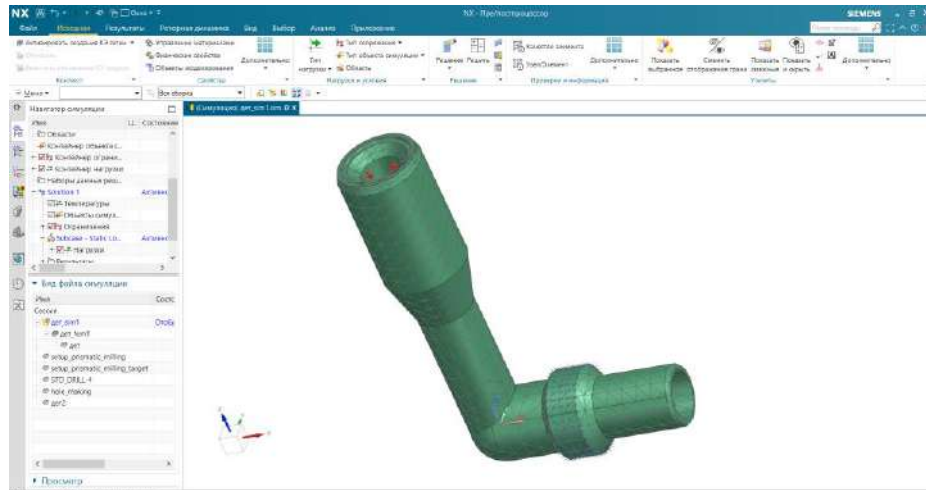


Рисунок 2.7 – Модель деталі з накладеними обмеженнями

Після комп'ютерного розрахунку в програмі NX CAE було отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.8) та значення максимальних напружень. Найбільші напруження в деталі виникають на згині і рівні 146,5 МПа.

Розрахунковий коефіцієнт запасу міцності згідно формули (2.14):

$$k = \frac{539}{146,5} = 3,7$$

Згідно результатів розрахунку деталь має достатній запас міцності, тому конструкцію та розміри її можна вважати прийнятими

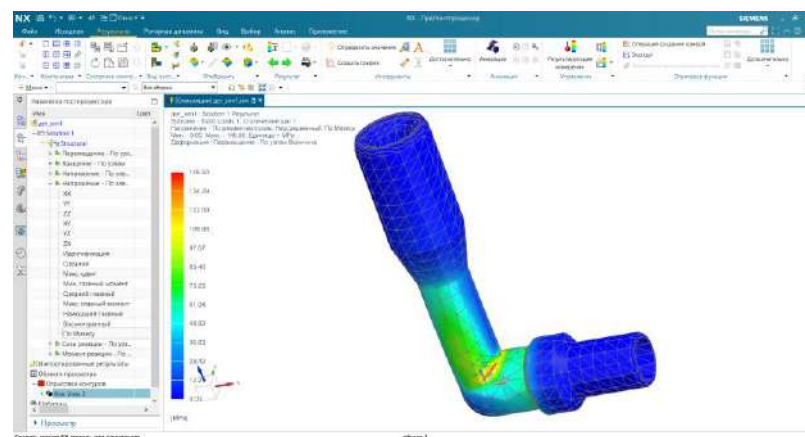


Рисунок 2.8 – Розподіл напружень

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

$$S_{pj} = \frac{\sum_{j=1} t_{ш-кj} \cdot N_j}{F_g \cdot m \cdot 60} \quad (3.1)$$

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

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

Річна верстатоемність розраховуємо для кожної операції за формулою:

$$T_j = t_{ш-кj} \cdot N \quad (3.2)$$

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

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

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

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

$$\overline{K_3} = \frac{0,87}{13} = 0,07$$

Таблиця 3.1 – Результати розрахунку

Номер операції	Модель верстата	$t_{ш-к}$, хв	T, хв	S_p , шт	S_n , шт	K_3
015	MP71M	2,31	6930	0,03	1	0,03
020	CORMAK SAM6	2,02	6060	0,03	1	0,03
025	CORMAK SAM6	4,59	13770	0,06	1	0,06
030	Puma ST 10GS	6,46	19380	0,08	1	0,08
035	CORMAK SAM6	4,48	13440	0,06	1	0,06
040	Puma ST 10GS	4,37	13110	0,05	1	0,05
045	CORMAK SAM6	8,99	26970	0,11	1	0,11
050	Puma ST 10GS	10,09	30270	0,13	1	0,13
055	Bernardo URS 500 N	3,47	10410	0,04	1	0,04
060	Bernardo URS 500 N	1,85	5550	0,02	1	0,02
065	CORMAK SAM6	3,49	10470	0,04	1	0,04
070	V1160L	14,33	42990	0,18	1	0,18
075	MAST MM 855 S24	2,35	7050	0,03	1	0,03

Розрахована кількість деталей-операцій, що виконуються на технологічній лінії обробки деталей дорівнює $O=13$ деталей-операцій.

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів (операції 020...050). Токарній операції 050 відповідає максимальний основний час токарної групи – 7,5 хв.

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

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

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

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

$$m_s = \frac{7,5 + 1,4}{0,89 + 0,15} = 8,5$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{7}{8,5} = 0,8$$

Згідно розрахунків для роботи на семи токарних верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування 13 верстатів необхідно $M=7$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

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

$$K_{30} = \frac{13}{7} = 1,8$$

Так як $1 < K_{30} < 10$, то остаточно тип виробництва приймаємо серійним.

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

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

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

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

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

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

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

$K_{б}$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника при багатOVERстатному обслуговуванні, $K_{б}=0,39$;

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

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

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

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

$Ч_n$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія						Нова технологія						
Модель верстата	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	1K20	Cormak SAM6	Cormak SAM6	Puma ST 10GS	Cormak SAM6	Puma ST 10GS	Cormak SAM6	Puma ST 10GS
Штучний час t _{шт} , хв	25	25	15	12	12	10	2,02	4,59	6,46	4,48	4,37	8,99	10,09
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	4	4	4	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	57,5	57,5	57,5
Тарифна ставка наладчика, грн/год	-	-	-	-	-	-	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7	57,7
Число змін m	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Оптова ціна верстата F, грн	300000						2000000		1500000	2000000	1500000	2000000	1500000
Число верстатів, C _p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань N _a , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електродвигунів N, кВт	11	11	11	11	11	11	12	12	10	12	10	12	10

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	C _{тар} , грн	k _{доп}	k _{соц}	З _о , грн
010	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
015	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
020	Токарна	15	76,6	1,2	1,4	32,17
025	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
030	Токарна	12	76,6	1,2	1,4	25,74
035	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
					Σ	212,34

Таблиця 4.3 – Заробітна плата верстатника за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	C _{тар} , грн	k _{доп}	k _{соц}	З _о , грн
020	Токарна	2,02	57,5	1,2	1,4	3,25
025	Токарна	4,59	57,5	1,2	1,4	7,39
030	Токарна	6,46	57,5	1,2	1,4	10,40
035	Токарна	4,48	57,5	1,2	1,4	7,21
040	Токарна	4,37	57,5	1,2	1,4	7,04
045	Токарна	8,99	57,5	1,2	1,4	14,47
050	Токарна	10,09	57,5	1,2	1,4	16,24
					Σ	66,01

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Ф _р , год	C _{тар} , грн	Ч _н	k _{доп}	k _{соц}	З _о , грн
015	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
020	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
025	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
030	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
035	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
040	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
045	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
050	Токарна	2096	57,7	0,25	1,2	1,4	16,93
						Σ	118,52

Визначимо амортизацію на обладнання за формулою [10]:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 6.5, 6.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою [10]:

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

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

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

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

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_d	$A_{\text{від}}$, грн
010	Токарна	25	300000	14,2	4015	4,42
015	Токарна	25	300000	14,2	4015	4,42
020	Токарна	15	300000	14,2	4015	2,65
025	Токарна	12	300000	14,2	4015	2,12
030	Токарна	12	300000	14,2	4015	2,12
035	Токарна	10	300000	14,2	4015	1,77
					Σ	17,51

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{ін}	T, хв	n _j	η _{мі}	S _{ін} грн
020	Токарна	2,02	Різець прохід.	180	1	240	4	0,4	0,12
025	Токарна	4,59	Різець прохід.	200	1	120	1	0,4	1,53
030	Токарна	6,46	Різець прохід.	250	1	240	4	0,4	0,54
035	Токарна	4,48	Різець прохід.	200	1	120	1	0,4	0,67
			Свердло	50	1	240	4	0,4	0,02
			Свердло	50	1	240	4	0,4	0,02
			Різець різьб.	250	1	240	4	0,4	0,04
040	Токарна	4,37	Різець прохід.	200	1	240	4	0,4	0,13
			Свердло	50	1	240	4	0,4	0,02
			Свердло	50	1	240	4	0,4	0,02
			Різець різьб.	200	1	240	4	0,4	0,02
045	Токарна	8,99	Розгорт.	100	1	240	4	0,4	0,30
050	Токарна	10,09	Розгорт.	100	1	240	4	0,4	0,34
								Σ	3,76

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_g – коефіцієнт виконання норм часу;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.9, 4.10.

Таблиця 4.9 – Витрати на електроенергію за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
010	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
015	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
020	Токарна	15	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,98
025	Токарна	12	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,38
030	Токарна	12	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	2,38
035	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
										Σ	19,67

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт},$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	$k_{ч}$	$k_{од}$	k_w	η_e	k_B	$S_e,$ грн
020	Токарна	2,02	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,08
025	Токарна	4,59	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,45
030	Токарна	6,46	3,45	10	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,87
035	Токарна	4,48	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	2,39
040	Токарна	4,37	3,45	10	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	1,94
045	Токарна	8,99	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,80
050	Токарна	10,09	3,45	10	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,49
										Σ	20,01

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	300000	0,02	0,64	1,28
015	Токарна	300000	0,02	0,64	1,28
020	Токарна	300000	0,02	0,64	1,28
025	Токарна	300000	0,02	0,64	1,28
030	Токарна	300000	0,02	0,64	1,28
035	Токарна	300000	0,02	0,64	1,28
				Σ	7,68

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
020	Токарна	2000000	0,02	0,78	10,40
025	Токарна	2000000	0,02	0,78	10,40
030	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
035	Токарна	2000000	0,02	0,78	10,40
040	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
045	Токарна	2000000	0,02	0,78	10,40
050	Токарна	1500000	0,02	0,78	7,80
				Σ	65

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

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

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

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

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

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

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

T_M – середня стійкість інструменту, хв.;

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Витрати на налаштування інструментів поза верстатом

№ опер	Найменування операції	Тип інструменту	t_o , хв	$C_{\text{гн}}$, грн/год	n_i	$t_{\text{ін}}$, хв	K_T	T_M	m	S_H грн
020	Токарна	Різець прохід.	2,02	50,9	6	4	0,9	240	4	0,01
025	Токарна	Різець прохід.	4,59	50,9	6	4	0,9	120	4	0,04
030	Токарна	Різець прохід.	6,46	50,9	6	4	0,9	240	4	0,03
035	Токарна	Різець прохід.	2	50,9	6	4	0,9	120	4	0,02
		Свердло	1	50,9	6	4	0,9	240	4	0,00
		Свердло	1	50,9	6	5	0,9	120	4	0,01
		Різець різьб.	0,48	50,9	6	5	0,9	120	4	0,00
040	Токарна	Різець прохід.	2	50,9	6	5	0,9	240	4	0,01
		Свердло	1	50,9	6	5	0,9	240	4	0,01
		Свердло	1	50,9	6	5	0,9	240	4	0,01
		Різець різьб.	0,37	50,9	6	5	0,9	240	4	0,00
045	Токарна	Розгорт.	8,99	50,9	6	5	0,9	240	4	0,05
050	Токарна	Розгорт.	10,09	50,9	6	5	0,9	240	4	0,05
									Σ	0,23

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою [10]:

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

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

$$I_{\text{н1}} = 212,34 \cdot 0,2 = 42,47 \text{ грн}$$

$$I_{\text{н2}} = 66,01 \cdot 0,2 = 13,2 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою [10]:

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

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

Таблиця 4.14 – Розрахунок елементів технологічної собівартості, грн.

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Заробітна плата верстатника	$Z_{\text{о}}$	212,34	66,01
Заробітна плата наладчика	$Z_{\text{н}}$		118,52
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{\text{від}}$	17,51	36,23
Витрати на різальний інструмент	$S_{\text{ін}}$	8,24	3,76
Витрати на електроенергію	$S_{\text{е}}$	19,67	20,01
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	$S_{\text{р}}$	7,68	65
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	$S_{\text{н}}$		0,23
Витрати інші	$I_{\text{н}}$	42,47	13,2
Технологічна собівартість	$C_{\text{т}}$	307,91	322,96

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою [10]:

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

$$E_{yp} = (322,96 - 307,91) \cdot 3000 = 45150 \text{ грн}$$

Таким чином, річна економія від впровадження другого ТП за статтею собівартість може становити 45150 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	T _{шт} , хв	Ц, грн	F _д	K _о , грн
010	Токарна	25	300000	4015	31,13
015	Токарна	25	300000	4015	31,13
020	Токарна	15	300000	4015	18,68
025	Токарна	12	300000	4015	14,94
030	Токарна	12	300000	4015	14,94
035	Токарна	10	300000	4015	12,45
		Σ	1800000	Σ	123,29

Таблиця 4.16 - Капітальні витрати на обладнання за новим ТП

№ опер	Найменування операції	$T_{шт}, \text{хв}$	Ц, грн	F_d	$K_o, \text{грн}$
015	Токарна	2,02	2000000	4015	16,77
020	Токарна	4,59	2000000	4015	38,11
025	Токарна	6,46	1500000	4015	40,22
030	Токарна	4,48	2000000	4015	37,19
035	Токарна	4,37	1500000	4015	27,21
040	Токарна	8,99	2000000	4015	74,64
045	Токарна	10,09	1500000	4015	62,83
050	Токарна	2,02	2000000	4015	16,77
		Σ	7500000	Σ	296,97

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

$$B_{нав} = C + E_n K, \quad (4.12)$$

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

У табл. 4.17 наведено результати порівняння.

Таблиця 4.17 - Порівняння варіантів ТП за наведеними витратами

Елементи собівартості		Варіанти ТП	
		Базовий	Новий
Технологічна собівартість деталі	C_T	307,91	322,96
Капітальні витрати на деталь	K_o	123,29	296,97
Наведені витрати на деталь	W_o	326,40	315,36
Собівартість річної програми	C_p	923730,00	968880,00
Капітальні витрати на програму	$K_{оріч}$	369870,00	890910,00
Наведені витрати на програму	$W_{річ}$	979200,00	946080,00
Річна економія (збиток), грн	ΔW	33120	

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:

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

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

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

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

E_n - нормативний коефіцієнт ефективності;

K_1 – капітальні витрати за першим варіантом;

K_2 – капітальні витрати за другим варіантом;

$C_{13\text{м}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за першим варіантом;

$C_{23\text{м}}$ - умовно-змінні витрати на 1 деталь за другим варіантом.

$$N_{\text{кр}} = \frac{0,15 \cdot (7500000 - 1800000)}{322,96 - 307,91} = 42757 \text{ шт}$$

Таким чином, якщо програма випуску менше $N_{\text{кр}}$, то більш вигідний базовий варіант ТП. Якщо більше – 42757шт, то більш вигідний новий варіант ТП.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Норми освітленості для робочих місць

Сучасне робоче місце уявляє собою не тільки наявність зручних меблів, сучасного обладнання та кліматичних умов. Одним із важливих його параметрів є освітленість робочого місця, яка впливає не тільки на продуктивність праці та виробничі показники, а й безпосередньо пов'язана зі здоров'ям людини. Саме з цієї причини нормуванню світла присвячені державні та галузеві стандарти [10].

Для кожної категорії робочих місць розроблено свої норми, деякі з них перерахуємо нижче:

- 1) Вища точність (від 2000 до 5000 лк) - для ювелірного виробництва, вартових майстерень. На ділянках ручного паяння та складання електронних виробів.
- 2) Висока точність (від 750 до 2000 лк) - для швейного виробництва, друкарні, виробництва меблів.
- 3) Середня точність (від 400 до 750 лк) - для цехів металообробки, складальних цехів, камер фарбування та дітейлінгу
- 4) не менше 300 лк - освітленість на ділянках упаковки, зони видачі товарів
- 5) не менше 350 лк - стандартні офісні робочі місця. 200 лк – зазвичай достатньо для переговорних кімнат та допоміжних приміщень;
- 6) 500 лк і більше - повинні мати робочі місця архітекторів, проєктантів та дизайнерів;

Основна маса робочих місць має три основні джерела світла, кожен з яких характеризується своїми особливостями:

- 1) природне освітлення є у денний час у приміщеннях, які мають вікна або елементи прозорих дахів. Для людського ока це найкомфортніший вид освітлення;

2) змішаний тип освітлення з'являється, коли відчувається нестача сонячного сету та включаються додаткові джерела світла. Найчастіше це місцеві прилади освітлення;

3) штучне освітлення задіють, коли природних джерел світла дуже мало або відсутні зовсім. Цей вид освітлення поділяється на кілька різновидів - робоче, аварійне, охоронне та чергове;

Якщо приміщення немає оптичного зв'язку із зовнішнім світом, такому об'єкті діє лише штучне освітлення.

При проектуванні будівель та приміщень промислового та побутового призначення, та подальшої організації місць для роботи, діють два основні регламентуючі типи документів:

Будівельні Норми та Правила (СНіП) використовуються при безпосередньому проектуванні будівель, вимоги до висвітлення в них закладаються ще на етапі робочих креслень;

Санітарні Правила та Норми (СанПіН) є уточнюючими документами СНіП і застосовуються вже до організації конкретних місць у вже збудованих будинках.

Тут слід зазначити, що перевірки регулюючих органів проводяться на відповідність СанПіН.

Крім безпосередньої освітленості місця для роботи, що вимірюється в люксах, до світлових характеристик відносяться й інші вимоги, які позначаються як показник засліплення та коефіцієнт пульсації джерела світла. Необхідні значення першого лежать в області від 10 до 40%, а коефіцієнт пульсації не повинен перевищувати 15%.

ВИСНОВКИ

Було розроблено технологічний процесу виготовлення корпусу. Було економічно обґрунтовано отримання заготовки штампуванням на КГШП, розраховано масу заготовки 0,12 кг, коефіцієнт використання матеріалу 0,41. Економічний ефект від впровадження отримання заготовки штампуванням на КГШП становив 15810 грн.

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

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

Було спроектовано пристосування для свердління отвору. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний пневмоциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю радіального биття 0,025мм внутрішньої різі M8 відносно бази А.

Розроблено планування ділянки з виробництва деталі «Корпус». Було визначено кількість технологічного обладнання – 13 верстатів, чисельність основних виробничих робітників – 7 чоловік.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под. ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
2. 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. Ярошевська В.М. Безпека життєдіяльності: Підручник. -Київ: ВД "Професіонал", 2004. -559 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Перв. примен.						
				<u>Документация</u>		
			НУЗП 293226.011	Складальне креслення		
Спроб. №						
				<u>Детали</u>		
		1		Корпус	1	
		2		Призма	2	
		3		Поршень	1	
		4		Шток	1	
		5		Кришка	1	
		6		Рычаг	2	
		7		Втулка	2	
		8		Клин	1	
		9		Пружина	1	
		10		Палець	2	
Подп. и дата		11		Штуцер	1	
		12		Штуцер	1	
		13		Призма	1	
Взам. инв. №						
				<u>Стандартные изделия</u>		
Подп. и дата		14		Гайка М5 ГОСТ 5915-70	2	
		15		Гайка М10 ГОСТ 5915-70	1	
Инв. № подл.						
Изм. Лист	НУЗП 293226.011					
Разработ.	Пристосування для свердління					
Пров.						
Н.контр.						
Утв.						

Копія

Формат А1

[illegible]

ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Людл.			
Взам.			
Подл.			

				НУЗП 0214.124011		Листів 3	Лист 2
				НУЗП	НУЗП 735273.011		М-111ср.1014.1.000001

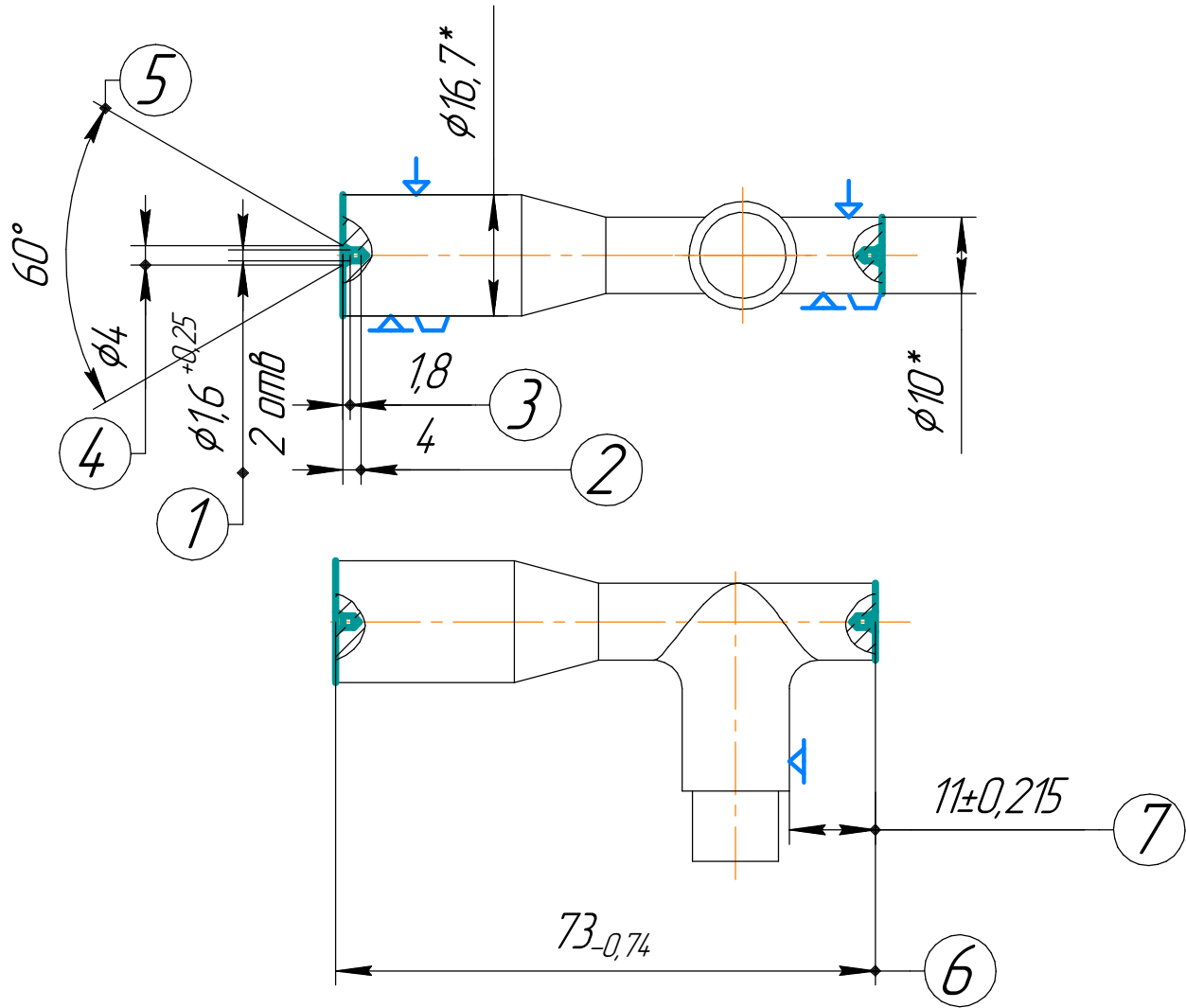
А	Цех	Діл	РМ	Опер.	Код, найменування операції	Позначення документа										
Б	Код, найменування устаткування					СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з	Тшт
А 01				035	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №003						
Б 02	381021				Токарний з ЧПК CORMAK SAM6	2	16045	5	1	1	1	шт	60	1	18	4,48
03																
А 04				040	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №003						
Б 05	381021				Токарний з ЧПК PUMA ST 10GS	2	16045	5	1	1	1	шт	60	1	18	4,37
06																
А 07				045	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №003						
Б 08	381021				Токарний з ЧПК CORMAK SAM6	2	16045	5	1	1	1	шт	60	1	18	8,99
09																
А 10				050	4233 Токарна з ЧПК					ЮП №004						
Б 11	381021				Токарний з ЧПК PUMA ST 10GS	2	16045	5	1	1	1	шт	60	1	18	10,09
12																
А 13				055	4 131 Круглошліфувальна					ЮП №005						
Б 14	381311				Круглошліфувальний Bernardo URS 500 N	2	19630	5	1	1	1	шт	60	1	30	3,47
15																
А 16				060	4 131 Круглошліфувальна					ЮП №006						
Б 17	381311				Круглошліфувальний Bernardo URS 500 N	2	19630	5	1	1	1	шт	60	1	30	1,85
18																
19																
МК																

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

					НУЗП 0214.124011		1	1			
Розроб.	Степаненко			НУЗП	НУЗП 735273.011		М-111сп.2014.1.00015				
Перевір.	Пухальська										
				Корпус							015
Н. контр.	Дядя										



* Розмір для довідок

КЗ			
----	--	--	--

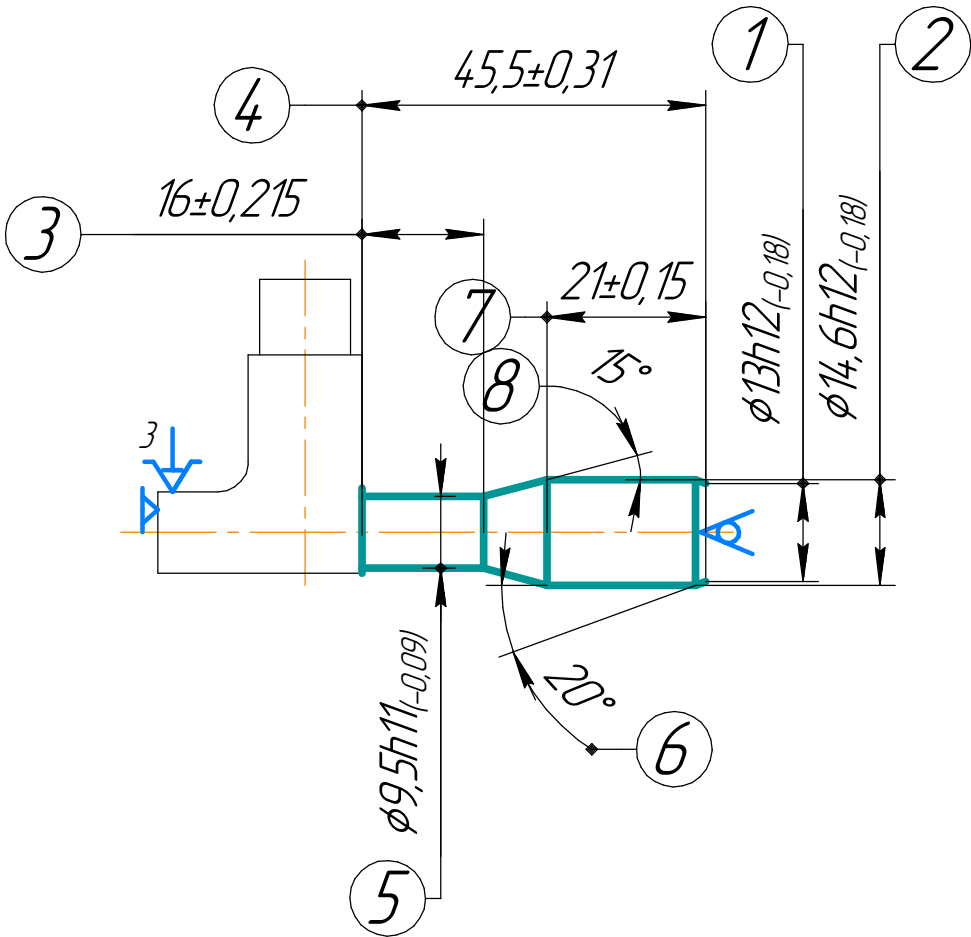
Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	

						НУЗП 0214.124011		1	1
Розроб.	Степаненко			НУЗП		НУЗП 735273.011		М-111сп.2014.100020	
Перевір.	Пухальська								
Н. контр.	Дядя					Корпус			
									020

▽ Ra6,3



* Розмір для довідок

КЗ			
----	--	--	--

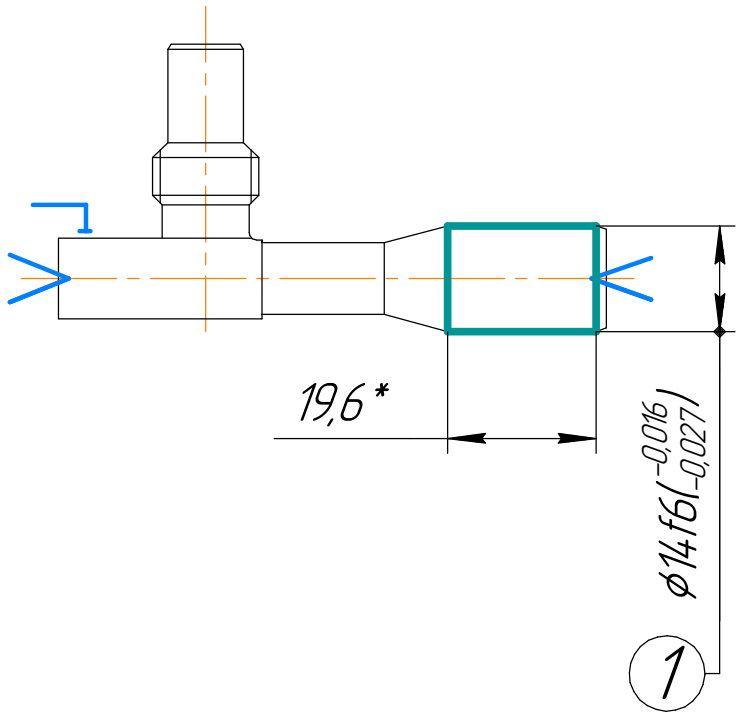
Дудл.			
Взам.			
Підп.			

--	--	--	--	--

ГОСТ 3.1105-84		Форма 7	

						НУЗП 0214.124011	1	1
Розроб.	Степаненко			НУЗП	НУЗП 735273.011	М-111сп.2014.1.00060		
Перевір.	Пухальська							
Н. контр.	Дядя				Корпус			060


 Ra0,8



* Розмір для довідок

КЗ			
----	--	--	--

