

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет
(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)
(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення деталі з торцевою
базовою поверхнею»

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

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
Технології машинобудування

Поляков Б.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кондратюк Е.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Фролов М.В.

(прізвище та ініціали)

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1, 2, 3, 5	Кондратюк Е.В.		
4	Пухальська Г.В.		
нормоконтр.	Дядя С.І.		

7. Дата видачі завдання 01 травня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	15.05.2023	
2	Конструкторська частина	22.05.2023	
3	Розробка планування ділянки	27.05.2023	
4	Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	29.05.2023	
5	Оформлення пояснювальної записки, креслень, технологічних карт	05.06.2023	
6	Нормоконтроль і рецензія	07.06.2023	
7	Захист дипломного проекту	08.06.2023	

Студент

(підпис)

Поляков Б.Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Кондратюк Е.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 91 с., 32 рис., 10 табл., 2 додатки, 13 джерел.

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

Об'єкт дослідження – фланець.

Мета роботи – розробити технологічний процес виготовлення деталі з торцевою базовою поверхнею.

Методи дослідження – розрахунково-аналітичний.

В дипломному проєкті розроблено технологічний процес виготовлення фланцю, передбачено економічні ризики виробництва, розраховано режими різання, норми часу, розроблено керуючу програму для 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 позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт.....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням.....	10
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі.....	13
1.4.1 Вибір технологічних баз.....	13
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	14
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	17
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	20
1.6 Розрахунок режимів різання.....	24
1.6.1 Операція 025 – токарна з ЧПК.....	24
1.6.2 Операція 035 – фрезерна.....	28
1.6.3 Операція 050 – свердлильна.....	31
1.7 Технічне нормування операцій.....	35
1.7.1 Технічне нормування токарної операції 025.....	35
1.7.2 Технічне нормування фрезерної операції 035.....	37
1.7.3 Технічне нормування свердлильної операції 050.....	38
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК.....	40
2 Конструкторська частина.....	46
2.1 Проектування свердлильного пристосування.....	46
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	46
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосувань на точність.....	47
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу.....	50
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	52
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.....	52

2.3 Розрахунок на міцність деталі	53
3 Розробка планування ділянки.....	57
4 Оцінка очікуваної економічної ефективності розробки	60
5 Охорона праці.....	69
5.1 Мікроклімат виробничих приміщень.....	69
Висновки.....	75
Перелік джерел посилання.....	76
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	78
Додаток Б. Технологічні карти.....	81

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КВМ – коефіцієнт використання матеріалу

КП – керуюча програма

МВД – маршрут виготовлення деталі

МОП – маршрут обробки поверхні

ППТЯ – послідовність показників точності та якості

РТК – розрахунково-технологічна карта

САПР – системи автоматизованого проектування

ТО – термічна обробка

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

ВСТУП

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці та якості виробів за одночасного зниження витрат на їх виготовлення. Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного обладнання, інструменту та оснащення, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку та допусків операційних розмірів.

Велике техніко-економічне значення раціонального вибору припусків та розрахунку операційних розмірів визначається, насамперед, місцем цього етапу у загальній послідовності завдань, які вирішуються при проектуванні технологічного процесу.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення та технологічних баз, розробка варіанта технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного оснащення.

У цьому дипломному проекті будуть розглядатися всі вищезазначені завдання, які стоять перед сучасним технологом, а також запропоновані шляхи та методи їх вирішення.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Фланець (рис. 1.1) є частиною домкрата підйому радіолокаційної станції. Фланець слугує проміжною ланкою між електродвигуном та редуктором. З однієї сторони на фланець через різьбові отвори М8 приєднується електродвигун, а з іншої сторони через отвори діаметром 11 мм к фланцю приєднують редуктор. У фланці є смотрове вікно для контролю стану демпферу на муфті електродвигуна. Також на торці фланцю є спеціальні виступи та три різьбових отвори для установки і фіксації кожуха електродвигуна. Фланець виконано із легкого алюмінієвого сплаву Ак7ч, хімічний склад наведено в таблиці 1.1. Даний сплав призначений для виготовлення фасонних відливок та відрізняється високою герметичністю. Після виготовлення фланець покривають захисним лакофарбовим покриттям ХВ518.



Рисунок 1.1 – Зображення деталі

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сплаву Ак7ч [1]

Fe	Si	Mn	Al	Cu	Mg	Zn	Sn
<1,5	6-8	<0,5	89,6...93,8	<0,2	0,2...0,4	<0,3	<0,01

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва та форми організації робіт виконуємо згідно методики [2, 3]. Враховуючи, що маса деталі дорівнює 2,42 кг, а річна програма випуску – 1500 штук, тип виробництва попередньо призначаємо як серійний. Для обробки фланцю обираємо поточну форму організації робіт.

Кількість партій оброблюваних деталей розраховується за формулою (1.1):

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

де N – річна програма випуску, шт;

a – періодичність запуску партій деталей в виробництво;

A – кількість робочих днів на рік.

$$n = \frac{3 \cdot 1500}{250} = 18 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Так як сплав Ак7ч призначений для виготовлення фасонних відливок, приймаючи до уваги конструкцію деталі, масу, програми випуску заготовку фланця можна отримати наступними методами:

- 1) литтям у землю;
- 2) литтям у кокіль.

Для лиття у землю встановлюємо 14 клас точності [4], формувальні нахили – 5° , радіуси заокруглень – 3...6 мм. Для лиття у кокіль встановлюємо 10 клас точності [4], формувальні нахили – 2° , радіуси заокруглень – 1,5...2 мм. Припуски на всі поверхні приймаються в залежності від їх маси згідно [5]: для

лиття у землю – 3,5...4 мм; для лиття в кокіль – 1,5...2 мм.

Маси заготовок визначаємо за допомогою 3D-моделювання, шляхом виміру масово-центровочних характеристик. 3D-моделі заготовок та розраховані маси наведені на рис. 1.2, 1.3.

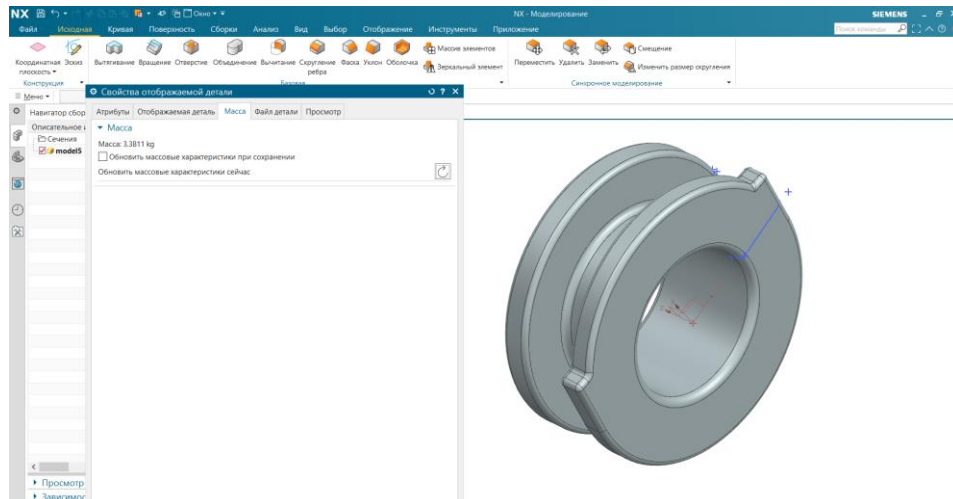


Рисунок 1.2 – 3D-модель заготовки, що отримується литтям у землю

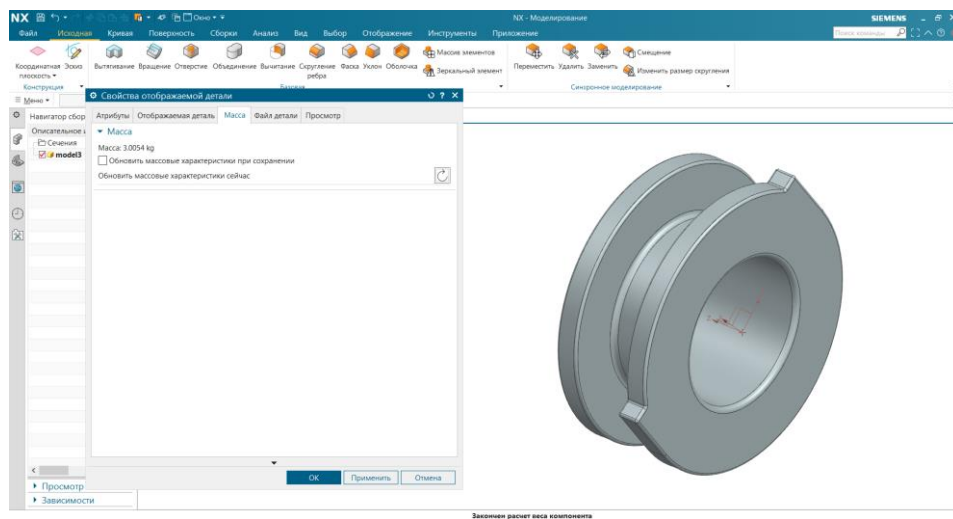


Рисунок 1.3 – 3D-модель заготовки, що отримується литтям у кокіль

Собівартість виготовлення однієї заготовки розраховується за формулою:

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

де Q – вага заготовки, кг;

q – вага деталі, кг;

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

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

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

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

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

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

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

$$B_3 = \frac{2900}{1000} \cdot 3,38 \cdot 1,1 \cdot 5,1 \cdot 1,25 \cdot 0,96 \cdot 0,77 - (3,38 - 2,42) \cdot \frac{1770}{1000} = 49,1 \text{ грн}$$

$$B_K = \frac{3350}{1000} \cdot 3 \cdot 1 \cdot 5,1 \cdot 1,25 \cdot 0,96 \cdot 0,77 - (3 - 2,42) \cdot \frac{1770}{1000} = 46,3 \text{ грн}$$

Коефіцієнт використання матеріалу (КВМ) розраховується за формулою:

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

$$\eta_3 = \frac{2,42}{3,38} = 0,7$$

$$\eta_K = \frac{2,42}{3} = 0,8$$

В таблиці 1.2 зібрані всі розрахункові значення методів заготовки заносяться

Річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок розраховується за формулою:

$$E_B = (B_M - B_{КГШП}) \cdot N, \quad (1.4)$$

де N – річна програма випуску, шт.

$$E_B = (49,1 - 46,3) \cdot 1500 = 4200 \text{ грн}$$

Річні заощадження витрат матеріалу розраховується за формулою:

$$M_e = \frac{q(\eta_K - \eta_3)}{\eta_3 \cdot \eta_K} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_e = \frac{2,42 \cdot (0,8 - 0,7)}{0,7 \cdot 0,8} \cdot 1500 = 648,2 \text{ кг}$$

Таблиця 1.2 – Результати розрахунків заготовок

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			З	К
Вага заготовки	Q	кг	3,38	3
Базова вартість 1 т заготовки	B _Б	грн	2900	3350
Коефіцієнти	K _Т		1,1	1
	K _М		5,1	5,1
	K _С		1,25	1,25
	K _З		0,96	0,96
	K _П		0,77	0,77
Вартість 1 т стружки	B _{відх}	грн	1770	1770
Собівартість заготовки	B _з	грн	49,1	46,3
КВМ	η		0,7	0,8

Для виготовлення заготовки фланцю обираємо лиття у кокіль, тому що КВМ у нього вищий, а собівартість виготовлення менша в порівнянні з заготовкою отриманою литтям у землю.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Для забезпечення найменшої похибки установки в якості чорнових баз, на

першій токарній обробці, обираємо зовнішню циліндричну поверхню Ø201 та лівий торець розмір 83 мм. На першій токарній операції забезпечуємо наступні бази: зовнішня циліндрична поверхня Ø201 мм та внутрішня циліндрична поверхня Ø130 мм, крайні торці. Ці бази будуть використані для фрезерної та свердлильної операцій. При такому виборі баз забезпечується точність обробки, так як співпадають конструкторські та технологічні бази.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхні (МОП) складається з послідовності способів обробки поверхонь (переходів). На рис. 1.4 зображено технологічну нумерацію поверхонь деталі.

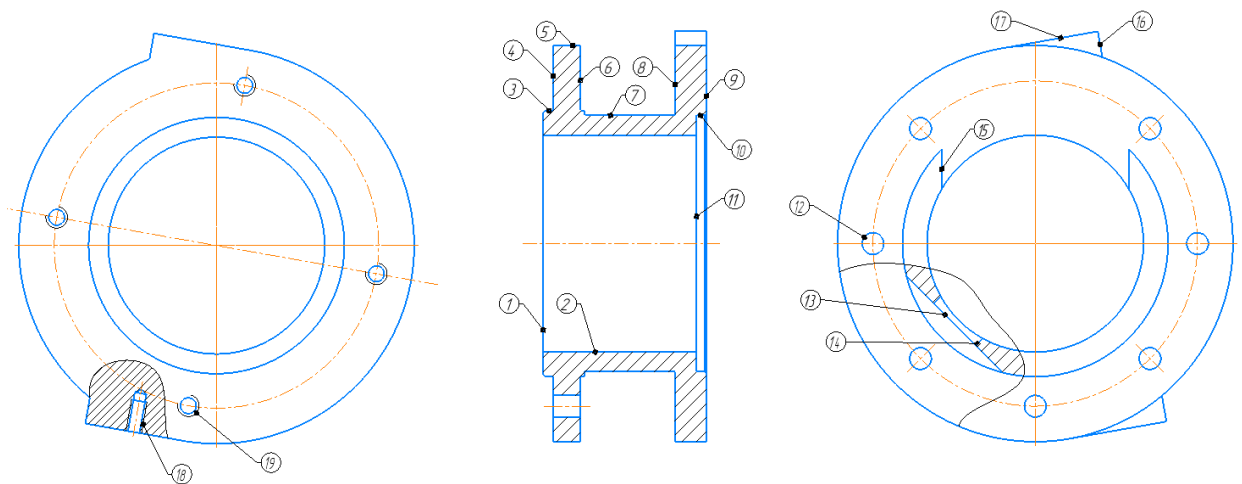


Рисунок 1.4 – Технологічна розмітка поверхонь деталі

Загальне уточнення за показниками точності та шорсткості поверхні розраховується за формулами:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_d} \quad (1.6)$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_3}{Ra_d} \quad (1.7)$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{\Delta_3}{\Delta_d}, \quad (1.8)$$

де Td_3 – допуск на розмір заготовки, мкм;

Td_d – допуск на розмір деталі, мкм;

Ra_3 – параметр шорсткості заготовки, мкм;

Ra_d – параметр шорсткості деталі, мкм;

Δ_3 – похибка форми заготовки, мкм;

Δ_d – похибка форми деталі, мкм.

Для поверхни 3 – $\varnothing 135h8_{(-0,063)}$.

$$\varepsilon_d = \frac{2.4}{0,063} = 38.1$$

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{50}{1.6} = 31.2$$

$$\varepsilon_{\Delta} = \frac{1,5}{0,05} = 30$$

Кількість переходів розраховується по превалюючому показнику за формулою:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon \quad (1.9)$$

$$k = 2 \cdot \lg 38,1 = 3,1$$

Приймаємо $k=3$ переходи. Визначаємо різницю показників якості та розподіляємо цю різницю між $k=3$ переходами за законом прогресивного зменшення: $IT=IT16-h8=8=4+2+2$.

Послідовність показників точності та якості (ППТЯ):

- 1) Для допуску – $IT16 \rightarrow TO \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$
- 2) Для шорсткості – $Ra50 \rightarrow TO \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6$

МОП: заготовка, точіння чорнове, точіння напівчистове, точіння чистове.

Перший перехід – точіння чорнове: $T_{D1}=400$ мкм; $T_{Ra1}=6,3$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d1} = \frac{2400}{400} = 6$$

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

Другий перехід – точіння напівчистове: $T_{D2}=160$ мкм; $T_{Ra2}=3,2$ мкм [6].

Уточнення:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{400}{160} = 2,5$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,9$$

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 6 \cdot 2,5 = 15 < \varepsilon_d = 38,1$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 7,9 \cdot 1,9 = 15 < \varepsilon_{Ra} = 31,2$$

Третій перехід – точіння чистове: $T_{D4}=63$ мкм; $T_{Ra4}=1,6$ мкм [6].

Уточнення:

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

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

Перевірка:

$$\prod \varepsilon_{di} = 15 \cdot 2,5 = 37,5 < \varepsilon_d = 38,1$$

$$\prod \varepsilon_{Ra} = 15 \cdot 2 = 30 < \varepsilon_{Ra} = 31,2$$

Розрахунок МОП інших поверхонь заносено до таблиці 1.3.

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення фланцю складається з наступних етапів:

- 1) I етап – отримання заготовки,
- 2) II термічна обробка (ТО);
- 3) III етап – механічна обробка:
 - токарна обробка (чорнова, ~~напівчистова~~, чистова);
 - фрезерна обробка;
 - свердлильна обробка
 - слюсарна обробка
- 4) IV етап – мийка, контроль;
- 5) V етап - покриття деталі.

Маршрут виготовлення фланцю наведено в графічній частині дипломної роботи на плакаті НУЗП 715003.018.

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки поверхонь деталі

Характер поверхні	Показники	Уточнення	Кількість переходів		Різниця показників ППТЯ	МОП		Параметр по переходам		Уточнення	
			розр	прийн		i	Метод обробки	допуск розміру	шорсткість	розміру	шорсткості
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зовнішня циліндрична поверхня 3 – Ø135h8(-0,063) Ra1,6	Td Ra	38,1 31,2	3,1	3	$\Delta IT = IT16 - h8 = 8$ $IT16 \rightarrow h12 \rightarrow h10 \rightarrow h8$ $Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow$ $Ra1,6$	1	Заготовка	2400	50	-	-
						2	Термічна обробка	-	-	-	-
						3	Точіння чорнове	400	6,3	6	7,9
						4	Точіння напівчистове	160	3,2	2,5	1,9
						5	Точіння чистове	63	1,6	2,5	2
Внутрішня циліндрична поверхня 10 Ø130H8(+0,063) Ra1,6	Td Ra	38,1 31,2	3,1	3	$\Delta IT = IT16 - H8 = 8$ $IT16 \rightarrow H12 \rightarrow H10 \rightarrow H8$ $Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow$ $Ra1,6$	1	Заготовка	2400	50	-	-
						2	Термічна обробка	-	-	-	-
						3	Точіння чорнове	400	6,3	6	7,9
						4	Точіння напівчистове	160	3,2	2,5	1,9
						5	Точіння чистове	63	1,6	2,5	2

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Торцюва поверхня 4 Ø78h8(-0,046) Ra1,6	Td	41,3	3,2	3	Δ IT = IT16 – h8 = 8 IT16 → h12 → h10→ h8 Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6	1	Заготовка	1900	50	-	-
	Ra	31,2				2	Термічна обробка	-	-	-	-
						3	Точіння чорнове	300	6,3	6,3	7,9
						4	Точіння напівчистове	120	3,2	2,5	1,9
						5	Точіння чистове	46	1,6	2,6	2
Торцюва поверхня 1 83h8(-0.054) Ra1.6	Td	35,2	3,1	3	Δ IT = IT16 – h8 = 8 IT16 → h12 → h10→ h8 Ra50 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6	1	Заготовка	1900	50	-	-
	Ra	31,2				2	Термічна обробка	-	-	-	-
						3	Точіння чорнове	350	6,3	5,4	7,9
						4	Точіння напівчистове	140	3,2	2,5	1,9
						5	Точіння чистове	54	1,6	2,6	2

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Для поверхні 3 – Ø135h8(-0,063) припуски розрахуємо розрахунково-аналітичним методом:

1) заготовка: $Rz_1 = 200$ мкм та $h_1 = 100$ мкм [6].

Просторові відхилення заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.10)$$

де $\rho_{кор}$ – похибка від короблення.

$\rho_{пер}$ – перекіс центрального отвору діаметром d [6];

$$\rho_{пер} = \Delta_{пер} \cdot d, \text{ мм} \quad (1.11)$$

де $\Delta_{пер}$ – погоний перекіс [6].

$$\rho_{пер} = 0,01 \cdot 110 = 1,1 \text{ мм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{0^2 + 1,1^2} = 1,1 \text{ мм}$$

2) ТО:

$$\rho_2 = \Delta_k \cdot L \quad (1.12)$$

де $\Delta_{кор}$ – кривизна після ТО [6].

$$\rho_2 = 0,1 \cdot 201 = 20,1 \text{ мкм}$$

3) чорнове точіння: $Rz_3=50$ мкм та $h_3=50$ мкм [6];

Просторові похибки розраховуються за формулою:

$$\rho_j = K_{ут} \cdot \rho_i, \text{ мм} \quad (1.13)$$

де $K_{ут}$ – коефіцієнт уточнення для механічної обробки по [6].

$$\rho_3 = 0,06 \cdot (1,1 + 0,02) = 67 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\begin{aligned}\varepsilon_3 &= 0,25 \cdot \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} \\ \varepsilon_3 &= 0,25 \cdot \sqrt{2,4^2 + 1} = 0,65 \text{ мм}\end{aligned}\tag{1.14}$$

4) напівчистове точіння: $Rz_3=20$ мкм та $h_3=20$ мкм [6];

$$\rho_4 = 0,04 \cdot 67 = 3 \text{ мкм}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_4 = K_{\text{ут}} \cdot \varepsilon_{i-1} = 0,04 \cdot 650 = 26 \text{ мкм}\tag{1.15}$$

5) чистове точіння: $Rz_5=5$ мкм та $h_5=5$ мкм [6];

$$\begin{aligned}\rho_5 &= 0,03 \cdot 3 = 0 \text{ мкм} \\ \varepsilon_5 &= 0,03 \cdot 26 = 0,8 \text{ мкм}\end{aligned}$$

Мінімальні припуски для переходів механічної обробки:

$$\begin{aligned}2z_i^{\min} &= 2 \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right), \\ 2z_3^{\min} &= 2(200 + 100 + \sqrt{1100^2 + 650^2}) = 3155 \text{ мкм} \\ 2z_4^{\min} &= 2(50 + 50 + \sqrt{67^2 + 26^2}) = 344 \text{ мкм} \\ 2z_5^{\min} &= 2(20 + 20 + \sqrt{3^2 + 0,8^2}) = 86 \text{ мкм}\end{aligned}\tag{1.16}$$

Максимальний розмір поверхні деталі – останнього переходу

розраховується за формулою:

$$d_5^{\max} = d_4^{\min} + ES_{d4} \quad (1.17)$$

$$d_5^{\max} = 135 + 0 = 135 \text{ мм}$$

Максимальні розміри для механічних переходів розраховується за формулою:

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

$$d_4^{\max} = 135 + 0,16 + 0,086 = 135,246 \text{ мм}$$

$$d_3^{\max} = 135,246 + 0,4 + 0,344 = 135,99 \text{ мм}$$

$$d_1^{\max} = 135,99 + 3,155 + 2,4 = 141,545 \rightarrow 141,5 \text{ мм}$$

Мінімальні розміри поверхні розраховуються за формулою:

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

$$d_5^{\min} = 135 - 0,063 = 134,937 \text{ мм}$$

$$d_3^{\min} = 135,246 - 0,16 = 135,086 \text{ мм}$$

$$d_2^{\min} = 135,99 - 0,4 = 135,59 \text{ мм}$$

$$d_1^{\min} = 141,5 - 2,4 = 139,1 \text{ мм}$$

Мінімальні припуски розраховуються за формулою:

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

$$2z_3^{\min} = 139,1 - 135,99 = 3,11 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\min} = 135,59 - 135,246 = 0,344 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\min} = 135,086 - 135 = 0,086 \text{ мм}$$

Граничні значення припусків розраховуються за формулою:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\min} \quad (1.21)$$

$$2z_3^{\max} = 141,5 - 135,59 = 5,91 \text{ мм}$$

$$2z_4^{\max} = 135,99 - 135,086 = 0,904 \text{ мм}$$

$$2z_5^{\max} = 135,246 - 134,937 = 0,309 \text{ мм}$$

Перевірка правильності розрахунків виконується за формулами:

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = TD_{\text{заг}} + TD_{\text{дет}} \quad (1.22)$$

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

$$2z_0^{\min} = d_1^{\min} - d_6^{\max} \quad (1.24)$$

$$2z_0^{\max} = 141,5 - 134,937 = 6,563 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\min} = 139,1 - 135 = 4,1 \text{ мм}$$

$$TD_0 = 2,4 + 0,063 = 2,463 \text{ мм}$$

$$2z_0^{\max} - 2z_0^{\min} = 6,563 - 4,1 = 2,463 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки – $\varnothing 140,3 \pm 1,2$ мм.

Схема розташування допусків припусків та технологічних розмірів наведено на рис. 1.5 та таблиці 1.4.

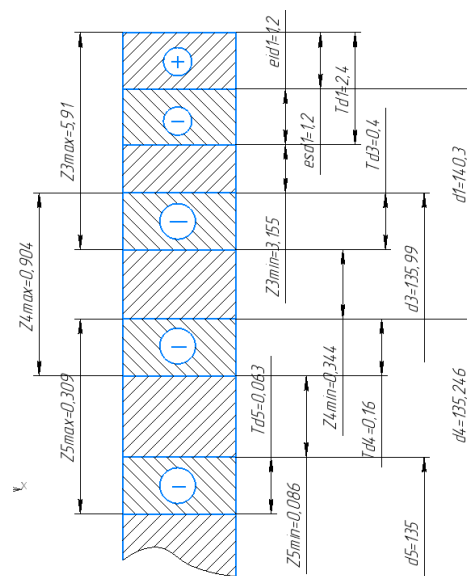


Рисунок 1.5 – Схема розташування припусків та технологічних розмірів

Таблиця 1.4 – Припуски та міжопераційні розміри

Характеристика поверхонь	МОП		Допуск	Граничні значення розмірів		Граничні значення припуску		Виконавчий розмір
	ІТ	Метод обробки		$d_i^{\max}$, мм	$d_i^{\min}$, мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
Ø135 _(-0,063) Ra=1,6 ↑=0,05	16	Заготовка	2,4	141,5	39,1	-	-	Ø140,3±
	-	ТО	-	-	-	-	-	-
	12	Точін. чорн.	0,4	135,99	35,59	5910	3155	Ø 135,99 _{-0,4}
	10	Точін. напівч.	0,16	135,246	35,086	904	344	Ø 135,24 _{-0,16}
	8	Точін. чист.	0,063	135	34,937	309	86	Ø 135 _{-0,063}
6,563-4,1=2,4+0,063				2,463=2,463		6,563	4,1	

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 025 – токарна з ЧПК

Обробка виконується на токарному верстаті з числовим програмним керуванням (ЧПК) HAAS ST-10. Технічна характеристика верстата наведена в таблиці 1.5. Операційний ескіз токарної операції наведений на рис. 1.6. В якості пристосування використовується патрон трьохкулачковий.

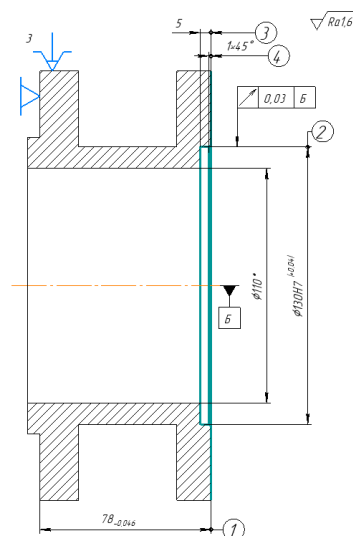


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз токарної операції

Операція складається із переходів:

- 1) точити торець;
- 2) розточити отвір.

Використовується для цього інструмент:

- 1) різець підрізний 2112-0006 $\varphi=95^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, 25x16x140, Т15К6 ГОСТ 18880-73 [7];
- 2) різець розточний 2141-0093 $\varphi=95^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $\gamma=8^\circ$; $r=0,8\text{мм}$, 25x20x140, ВК6 ГОСТ 18883-73 [7];

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика верстата

Параметри	Значення
Найбільший розмір оброблюваної деталі, мм	305
Найбільше повздовжнє переміщення супорта, мм	406
Діаметр патрона, мм	165
Потужність привода шпинделя, кВт	11,2
Частота обертання шпинделя, хв^{-1}	6000
Швидкість руху подачі, мм/хв	
-повздовжня	1-1200
-поперечної	0,5-600
Швидкість прискореного переміщення, м/хв, супорту	
-повздовжнього	30,5
-поперечного	30,5
Система ЧПУ	HAAS
Позицій інструмента	12
Вага, кг	3585

Виконаємо розрахунок першого переходу –точіння торцю.

Припуск на обробку розраховується за формулою:

$$h = h_{\text{заг}} - h_{\text{дет}}, \quad (1.25)$$

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

$h_{\text{дет}}$ – розмір деталі, мм.

$$h = 78,2 - 78 = 0,2 \text{ мм}$$

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{h}{i}, \quad (1.26)$$

де i – кількість проходів.

$$t = \frac{0,2}{2} = 0,1 \text{ мм}$$

Подача розраховується за формулою:

$$S_0 = S_{0T} \cdot K_S, \text{ мм/об} \quad (1.27)$$

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,12 \text{ мм/об}$ [8];

K_S – поправочний коефіцієнт на подачу

$$K_S = K_{SK} \cdot K_{Sy} \cdot K_{S\varphi} \cdot K_{Sr} \cdot K_{SM} \quad (1.28)$$

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

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

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

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

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,
 $K_{SM} = 1,25$ [8].

$$K_S = 1,0 \cdot 0,85 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,25 = 1,27$$

$$S_0 = 0,12 \cdot 1,27 = 0,15 \text{ мм/об}$$

Приймаємо за паспортом верстата $S = 0,1 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання V , м/хв розраховується за формулою:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.29)$$

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 510$ м/хв [8];

K_V – поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_J} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_C} \cdot K_{V_\varphi} \cdot K_{V_{Ж}} \quad (1.30)$$

де K_{V_C} – коефіцієнт, що враховує оброблюваний матеріал, $K_{V_C} = 1,5$ [8];

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

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

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

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

K_{V_M} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу,
 $K_{V_M} = 1,3$ [8];

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

$K_{V_{Ж}}$ – коефіцієнт, що враховує роботу з охолодженням, $K_{V_{Ж}} = 0,75$ [8].

$$K_V = 1,5 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,0 \cdot 0,6 \cdot 1,3 \cdot 1,0 \cdot 0,75 = 0,49$$

$$V = 510 \cdot 0,49 = 250 \text{ м/хв}$$

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot 250}{3,14 \cdot 201} = 396 \text{ об/хв}$$

Приймається фактична частота обертання шпинделя верстата відповідно до паспортних даних $n_d = 400$ об/хв.

Дійсна швидкість різання V_d , м/хв розраховується за формулою:

$$V_d = \frac{n \cdot \pi \cdot d}{1000} \quad (1.32)$$

$$V_d = \frac{400 \cdot 3,14 \cdot 201}{1000} = 252 \text{ м/хв}$$

Довжина робочого ходу $L_{рх}$, мм розраховується за формулою:

$$L_{px} = l_{обр} + l_{вр} + l_{пер}, \quad (1.33)$$

де $l_{обр}$ – довжина обробки, мм;

$l_{вр}$ – величина врізання [8];

$l_{пер}$ – перебігу [8].

$$L_{px} = 2 + 35,5 + 2 = 39,5 \text{ мм}$$

Режими різання для розточування розраховуються аналогічно. Результати розрахунків режимів різання за переходами наведено в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Режими різання за переходами на операцію токарну з ЧПК

Перехід	D мм	t, мм	S мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	ℓ _{обр} , мм	L _{px} , мм	i, шт
1	201	0,1	0,1	252	400	35,5	39,5	2
2	110	0,1	0,1	242	700	15	19	2

Машинний час розраховується за формулою:

$$t_o = \frac{L_{px}}{S_o \cdot n} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.34)$$

$$t_{o1} = \frac{39,5}{0,1 \cdot 400} \cdot 2 = 2 \text{ хв}$$

$$t_{o2} = \frac{19}{0,1 \cdot 700} \cdot 2 = 0,5 \text{ хв}$$

$$\sum T_o = 2 + 0,5 = 2,5 \text{ хв}$$

1.6.2 Операція 035 – фрезерна

Для фрезерування пазу обираємо вертикально-фрезерний верстат моделі 6Т104. Технічні характеристики верстата:

- 1) найбільше переміщення столу:
 - повздовжнє – 700 мм;
 - поперечне – 260 мм;
 - вертикальне – 370 мм;
- 2) число швидкостей шпинделя – 18;
- 3) діапазон частот обертання шпинделя – 40...3150 об/хв;
- 4) число подач столу – 18;
- 5) повздовжня та поперечна подача столу – 12,5....1600 мм/мин;
- 6) повздовжня та поперечна швидкість швидких переміщень столу – 4000 мм/мин;
- 7) потужність всіх двигунів – 10 кВт;

Для операції обираємо фрезу 2223-0116 діаметром $D=10$ мм з числом зубців $z=3$ та матеріалу Р6М5 по ГОСТ 17026-71 [7]. Операційний ескіз зображено на рис. 1.7.

Глибина різання t , мм розраховується за формулою (1.26):
де $i=2$ – кількість проходів.

$$t = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

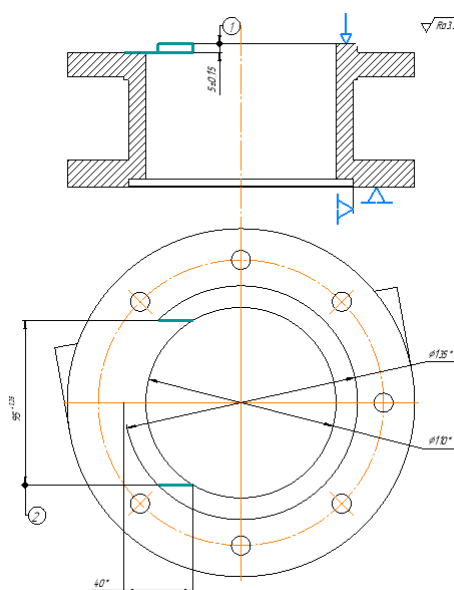


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз

Подача розраховується за формулою (1.27, 1.28):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,05$ мм/зуб [8];

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, $K_{SI} = 1,0$ [8];

K_{SZ} – коефіцієнт, що враховує кількість зубців, $K_{SZ} = 1,3$ [8];

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжину фрези, $K_{Sl} = 0,7$ [8];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 1,1$ [8].

$$K_S = 1,1 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot 0,7 = 1$$

$$S_0 = 0,05 \cdot 1 = 0,05 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.29, 1.30):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 116$ м/хв [8];

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

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, $K_{Vi} = 1$ [8];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{VT} = 1,1$ [8];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує ширину фрезерування, $K_{Vj} = 1,0$ [8];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, $K_{Vo} = 1,0$ [8];

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

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,88$$

$$V = 116 \cdot 0,88 = 102 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 102}{3,14 \cdot 10} = 3248 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 3150$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 3150}{1000} = 99 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу інструменту за формулою:

$$S_M = S_Z \cdot n \cdot z \quad (1.35)$$

$$S_{M \text{ повз}} = 0,05 \cdot 3150 \cdot 3 = 472 \text{ мм/хв}$$

Обираємо за паспортом верстата $S_{M \text{ повз}} = 400 \text{ мм/хв}$,

Визначення машинного часу:

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

де l – довжина фрезерування, мм;

l_2 – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

n – проходи для обробки всієї площі.

$$l_1 = 0,5 \cdot D_\phi \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot t}{D_\phi} \right) \right), \text{ мм} \quad (1.37)$$

$$l_1 = 0,5 \cdot 10 \cdot \sin \left(\arccos \left(1 - \frac{2 \cdot 2,5}{10} \right) \right) = 4,3 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{95 + 4,3 + 2}{400} \cdot 4 \cdot 2 = 2 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 050 – свердлильна

Для свердління отворів обираємо вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2Р135Ф2. Технічні характеристики верстата:

1) Найбільший умовний діаметр свердління у сталі – 35 мм;

2) Найбільше переміщення столу:

– повздовжнє – 630 мм;

– поперечне – 360 мм;

– вертикальне – 560 мм;

3) Число швидкостей шпинделя – 12;

4) Частота обертання шпинделя – 45..2000 об/хв;

5) Число подач шпинделя – 18;

6) Швидкість швидкого переміщення столу:

– поздовжнього та поперечного – 7 м/хв;

7) Подача супорту – 10...500 мм/хв;

8) Потужність електродвигуна головного руху – 3,7 кВт.

Для свердління отворів вибираємо свердло спіральне, діаметром 11 мм із швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 10903. Операційний ескіз зображено на рис. 1.8.

Глибина різання t , мм розраховується за формулою:

$$t = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ мм}$$

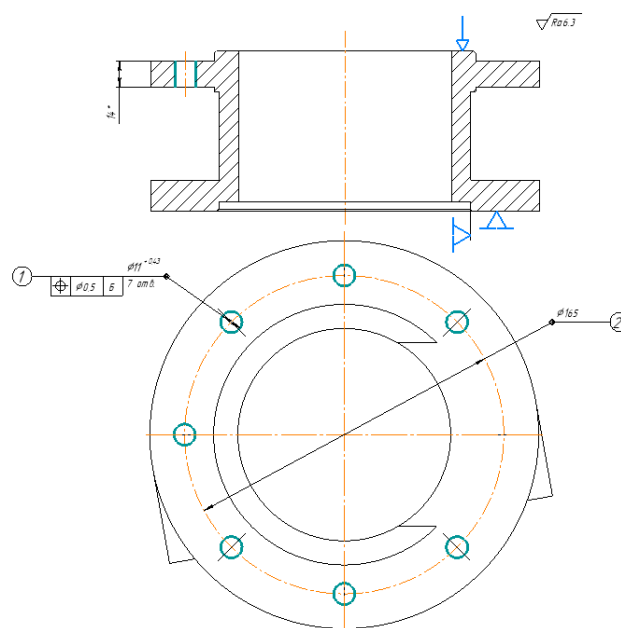


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз

Подача розраховується за формулою (1.27), (1.28):

де S_{0T} – табличне значення подачі, $S_{0T} = 0,35$ мм/об [8];

K_{SI} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, $K_{SI} = 0,9$ [8];

K_{SZ} – коефіцієнт, що враховує заточку свердла, $K_{SZ} = 0,9$ [8];

K_{Sl} – коефіцієнт, що враховує довжину свердла, $K_{Sl} = 0,9$ [8];

K_{SM} – коефіцієнт, що враховує твердість оброблюваного матеріалу, $K_{SM} = 0,9$ [8].

$$K_S = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 0,59$$

$$S_0 = 0,35 \cdot 0,59 = 0,2 \text{ мм/об}$$

Розраховуємо швидкість різання (1.29), (1.30):

де V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T = 45,7$ м/хв [8];

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

K_{Vi} – коефіцієнт, що враховує матеріал фрези, $K_{Vi} = 1$ [8];

K_{VT} – коефіцієнт, що враховує період стійкості інструмента, $K_{VT} = 1$ [8];

K_{Vj} – коефіцієнт, що враховує довжину свердла, $K_{Vj} = 1,0$ [8];

K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні, $K_{Vo} = 1,0$ [8];

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

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,8$$

$$V = 45,7 \cdot 0,8 = 36,5 \text{ м/хв}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \cdot 36,5}{3,14 \cdot 11} = 1162 \text{ об/хв}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_d = 1130$ об/хв.

Дійсну швидкість різання розраховуємо за формулою (1.32):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 1130}{1000} = 39 \text{ м/хв}$$

Визначення машинного часу:

$$t_o = \frac{l+l_2+l_1}{nS} \cdot n, \text{ хв} \quad (1.38)$$

де l – довжина фрезерування, мм;

l_2 – величина перебігу, мм;

l_1 – величина врізання, мм;

n – кількість отворів.

$$l_1 = \frac{D_{\text{св}}}{2 \text{tg} 60}, \text{ мм} \quad (1.39)$$

$$l_1 = \frac{11}{2 \text{tg} 60} = 3,2 \text{ мм};$$

$$t_o = \frac{14+3,2+2}{0,2 \cdot 1130} \cdot 7 = 0,6 \text{ хв.}$$

Результати розрахунку режимів різання для решти операцій приведено в таблиці 1.7.

Таблиця 1.7 – Результати розрахунку режимів різання та норм часу

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	0,5	4	0,2	157	250
	02	0,5	4	0,2	169	400
020 Токарна з ЧПК	01	0,5	4	0,2	252	250
	02	0,5	4	0,2	252	250
025 Токарна з ЧПК	01	0,1	2	0,1	252	400
	02	0,1	2	0,1	242	700
030 Токарна з ЧПК	01	0,1	2	0,1	252	400
	02	0,1	2	0,1	252	400
035 Фрезерна	01	2,5	2	400	99	3150
040 Фрезерна	01	2	4	400	99	3150

Продовження таблиці 1.7

1	2	3	4	5	6	7
045 Фрезерна	01	3	4	400	99	3150
050 Свердлильна з ЧПК	01	5,5	7	0,2	39	1130
055 Свердлильна з ЧПК	01	4,25	4	0,1	23,7	1130
	02	0,75	4	1,5	5	250
060 Свердлильна	01	3,35	3	0,1	18	1130
		0,6	3	1,5	4	250
065 Свердлильна з ЧПК	01	2,5	4	0,1	15	1130
		0,6	4	1,25	3	250

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Технічне нормування токарної операції 025

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_{\text{вст}} + t_{\text{мд}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.40)$$

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,4$ хв [9];

$t_{\text{мд}}$ – машинодопоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,65$ хв [9];

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

$$t_{\text{контр}} = t_{\text{вим}} \cdot K_n, \quad (1.41)$$

де $t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,2$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [9].

$$t_{\text{контр}} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{\text{доп}} = 0,4 + 0,65 + 0,08 = 1,13 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.42)$$

$$t_{\text{оп}} = 2,5 + 1,13 = 3,63 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою:

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha \quad (1.43)$$

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [9].

$$t_{\text{дод}} = 3,63 \cdot 0,1 = 0,36 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.44)$$

$$t_{\text{шт}} = 3,63 + 0,36 = 3,99 \text{ хв}$$

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

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}} \quad (1.45)$$

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс, $t_{\text{пз2}} = 13 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{пз3}}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 5 \text{ хв}$ [9].

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

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою:

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n} \quad (1.46)$$

де n – розмір партії деталей, що запускаються у виробництво (п. 1.2).

$$t_{\text{шт-к}} = 3,99 + \frac{30}{18} = 5,65 \text{ хв}$$

1.7.2 Технічне нормування фрезерної операції 035

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.40, 1.41):

де $t_{\text{вст}}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{\text{вст}} = 0,2$ хв [9];

$t_{\text{мд}}$ – машинодопоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{\text{мд}} = 0,5$ хв [9];

$t_{\text{вим}}$ – час на вимірювання, $t_{\text{вим}} = 0,1$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 1$ [9].

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

$$t_{\text{доп}} = 0,2 + 0,5 + 0,1 = 0,8 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.42):

$$t_{\text{оп}} = 2 + 0,8 = 2,8 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.43):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [9].

$$t_{\text{дод}} = 2,8 \cdot 0,1 = 0,28 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.44):

$$t_{\text{шт}} = 2,8 + 0,28 = 3,08 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.45):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної

документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{пз1} = 10$ хв [9];

$t_{пз2}$ – час на додаткові прийоми, що не увійшли в комплекс,

$t_{пз2} = 10$ хв [9];

$t_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{пз3} = 5$ хв [9].

$$t_{пз} = 10 + 10 + 5 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.46):

$$t_{шт-к} = 1,08 + \frac{25}{18} = 2,46 \text{ хв}$$

1.7.3 Технічне нормування свердильної операції 050

Допоміжний час на операцію розраховується за формулою (1.40, 1.41):

де $t_{вст}$ – час на встановлення та зняття деталі, $t_{вст} = 0,4$ хв [9];

$t_{мд}$ – машинодопоміжний час, пов'язаний з виконанням допоміжних рухів та прийомів при обробці поверхонь, $t_{мд} = 0,4$ хв [9];

$t_{вим}$ – час на вимірювання, $t_{вим} = 0,2$ хв [9];

K_n – періодичність вимірювань, $K_n = 0,4$ [9].

$$t_{контр} = 0,2 \cdot 0,4 = 0,08 \text{ хв}$$

$$t_{доп} = 0,4 + 0,4 + 0,08 = 0,88 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.42):

$$t_{оп} = 0,6 + 0,88 = 1,48 \text{ хв}$$

Додатковий час розраховується за формулою (1.43):

де α – відсоток від оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та особисті потреби, $\alpha = 10\%$ [9].

$$t_{\text{дод}} = 1,48 \cdot 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

Штучний час на обробку деталі розраховується за формулою (1.44):

$$t_{\text{шт}} = 1,48 + 0,15 = 1,63 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час для обробки партії деталей розраховується за формулою (1.45):

де $t_{\text{пз1}}$ – час, що враховує отримання наряду, креслення, технологічної документації на початок роботи та здача в кінці зміни, $t_{\text{пз1}} = 12 \text{ хв}$ [9];

$t_{\text{пз2}}$ – час на додаткові прийоми, що не ввійшли в комплекс,

$$t_{\text{пз2}} = 4 + 2 + 7 = 13 \text{ хв} [9];$$

$t_{\text{пз3}} = 2 \text{ хв}$ – час на пробну обробку деталі, $t_{\text{пз3}} = 2 \text{ хв}$ [9].

$$t_{\text{пз}} = 12 + 13 + 2 = 27 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулою (1.46):

$$t_{\text{шт-к}} = 1,63 + \frac{27}{18} = 3,13 \text{ хв}$$

Результати розрахунків для решти операцій наведено в таблиці 1.8.

Таблиця 1.8 – Зведена таблиця норм часу

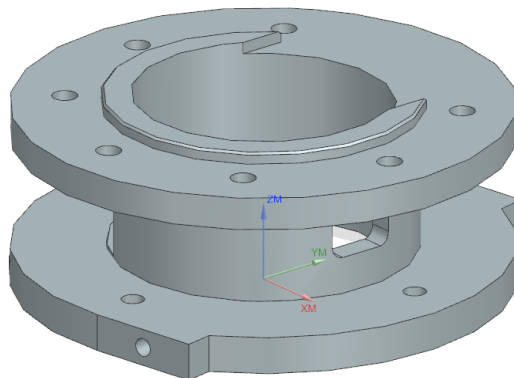
Номер та назва операції	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{шт-к}}$, хв
1	2	3	4	5	6	7
015 Токарна з ЧПК	18,5	1,13	1,96	21,59	30	23,25
020 Токарна з ЧПК	22,5	1,13	2,36	25,99	30	27,65
025 Токарна з ЧПК	2,5	1,13	0,36	3,99	30	5,65
030 Токарна з ЧПК	4,2	1,13	0,53	5,86	30	7,52
035 Фрезерна	2	0,8	0,28	1,08	25	2,46
040 Фрезерна	18	0,8	1,88	20,68	25	22,06
045 Фрезерна	12	0,8	1,28	14,08	25	15,46

Продовження таблиці 1.8

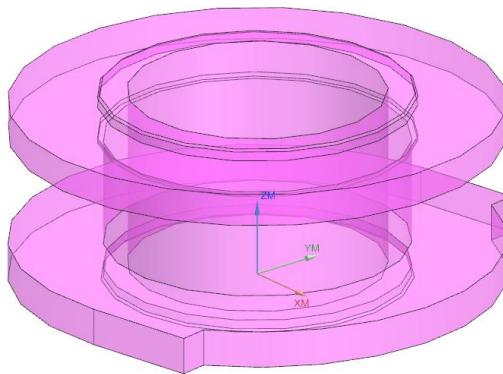
1	2	3	4	5	6	7
050 Свердлильна з ЧПК	0,6	0,88	0,15	1,63	27	3,13
055 Свердлильна з ЧПК	11,5	0,88	1,24	13,62	27	15,12
060 Свердлильна	8,5	0,88	0,94	10,32	27	11,82
065 Свердлильна з ЧПК	9,3	0,88	1,02	11,2	27	12,7

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Для свердлильної операції 050 розроблюємо керуючу програму в програмному забезпеченні NX CAM. Створюємо 3D-модель деталі на операцію 050 (рис. 1.9, а) та операцію 045 (рис. 1.9, б).



а



б

Рисунок 1.9 – 3D-модель деталі після свердління (а) та до свердління (б)

Створюємо в програмі необхідний ріжучий інструмент (рис. 1.10).

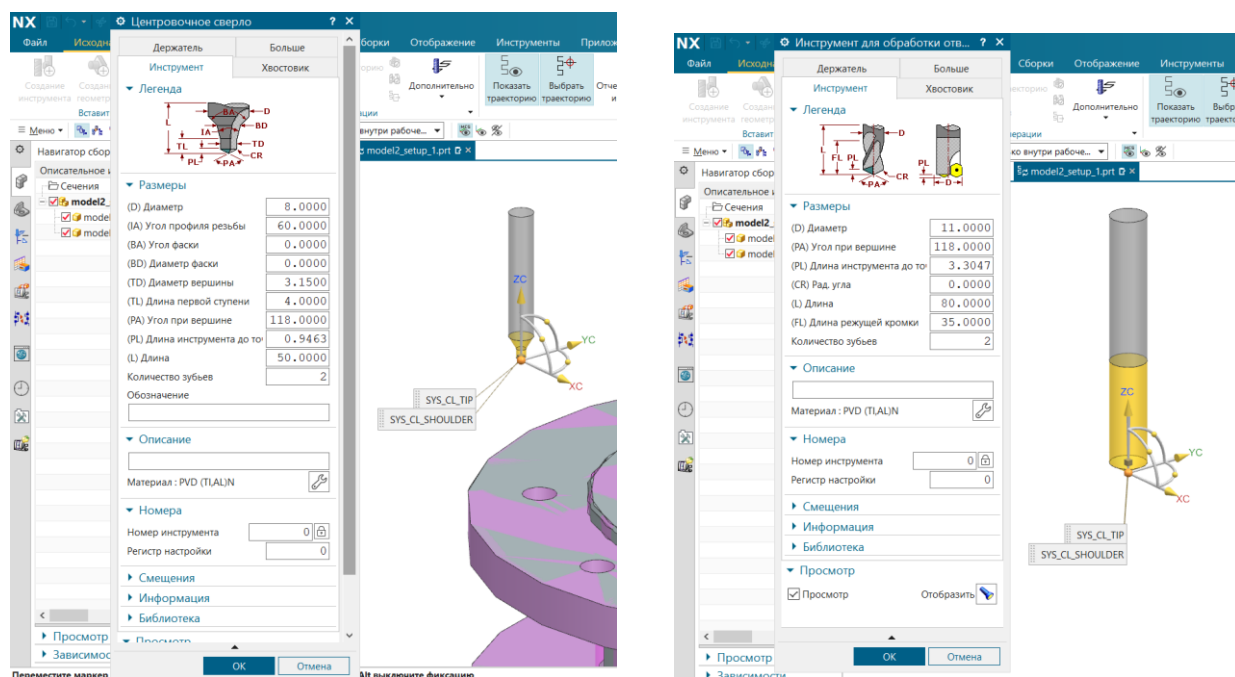


Рисунок 1.10 – Створення інструменту для свердління отворів

Визначаємо положення системи координат (рис. 1.11).

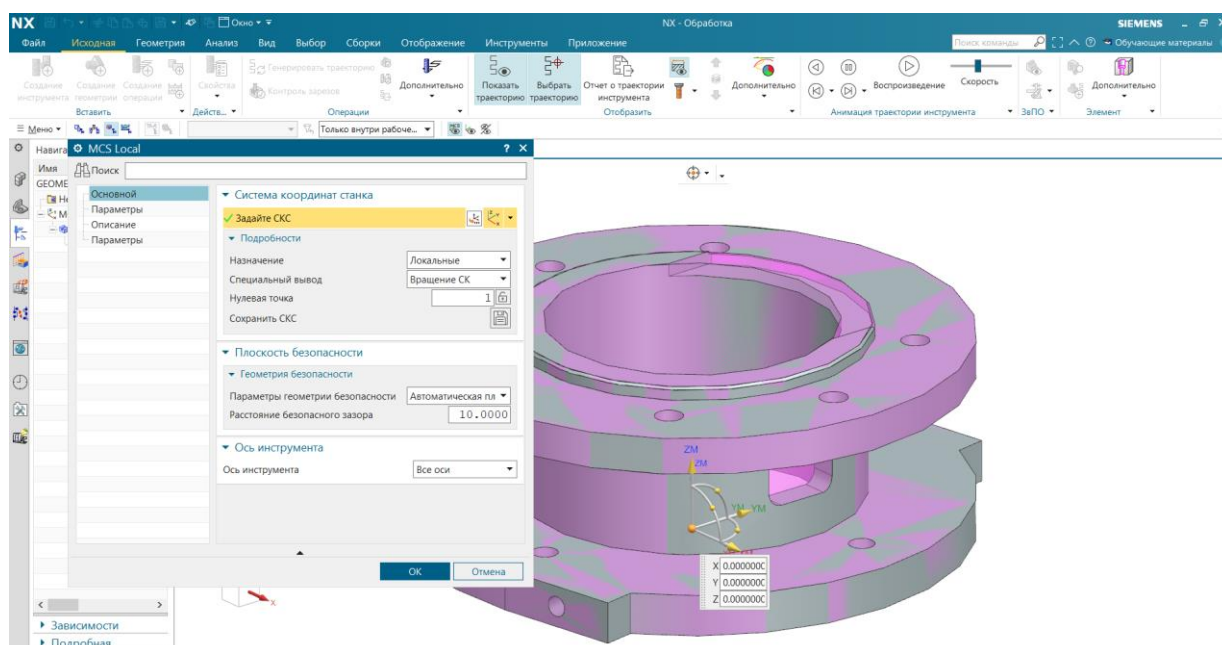


Рисунок 1.11 – Визначення системи координат

Визначаємо в системі NX CAM деталь та заготовку (рис. 1.12).

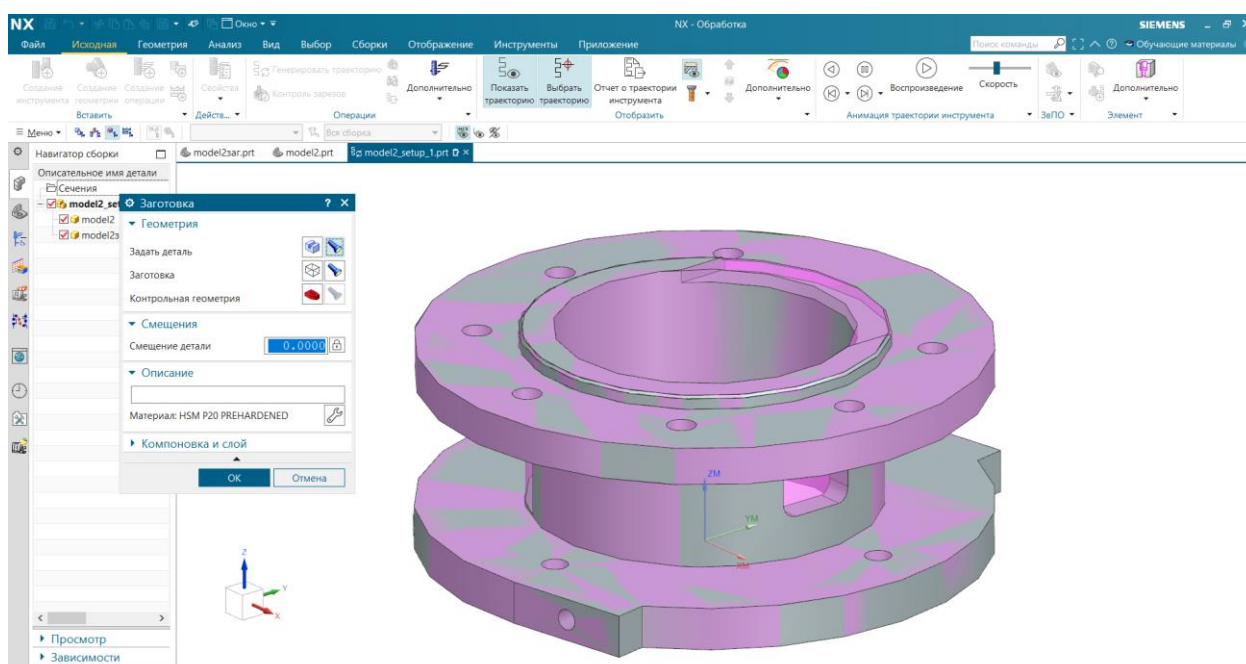


Рисунок 1.12 – Визначення деталі, заготовки в системі NX CAM

Створюємо перший перехід – «Центрування отворів» (рис. 1.13).

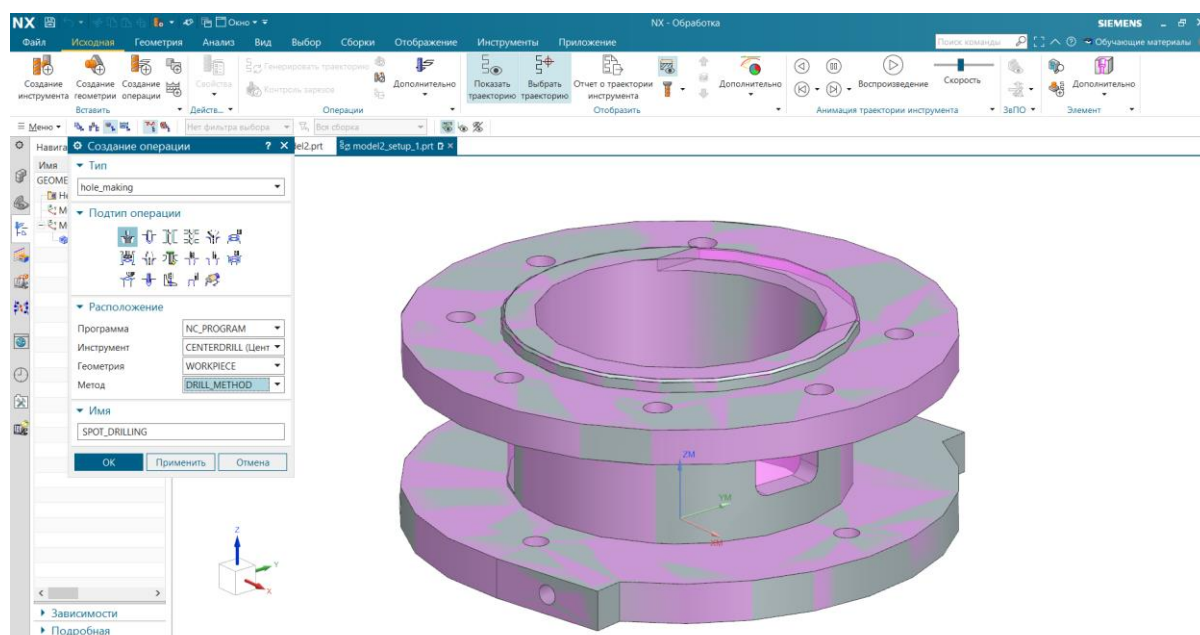
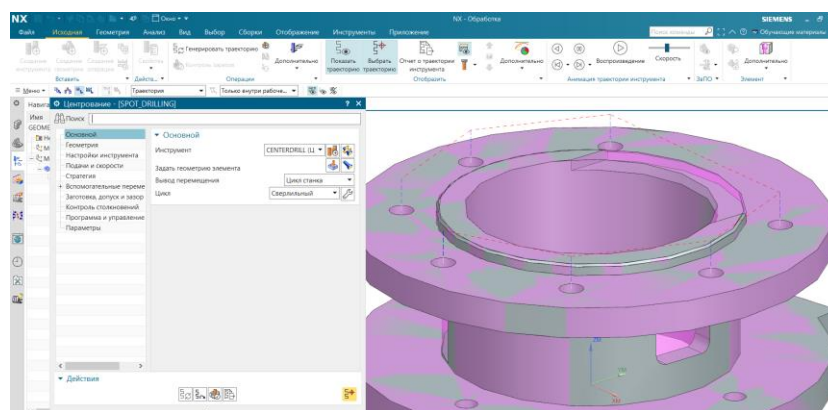
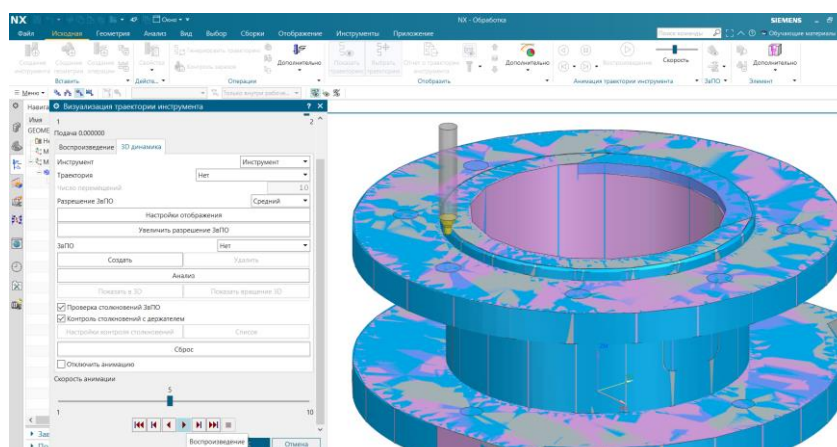


Рисунок 1.13 – Створення першого переходу

Генеруємо траєкторію першого переходу (рис. 1.14, а) та робимо візуалізацію центрування отворів (рис. 1.14, б).



а



б

Рисунок 1.14 – Траектория обработки (а) та візуалізація обробки (б)
Створюємо другий перехід – «Свердління отворів» (рис. 1.15).

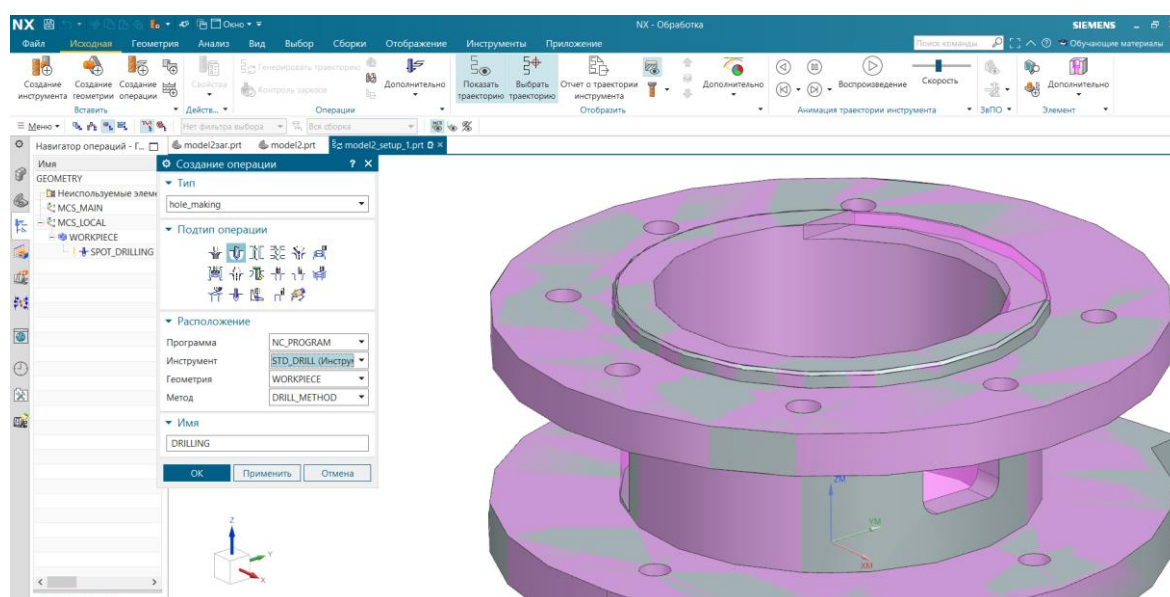


Рисунок 1.15 – Створення другого переходу

Генеруємо траєкторію цього переходу (рис. 1.16) та робимо візуалізацію обробки (рис. 1.17).

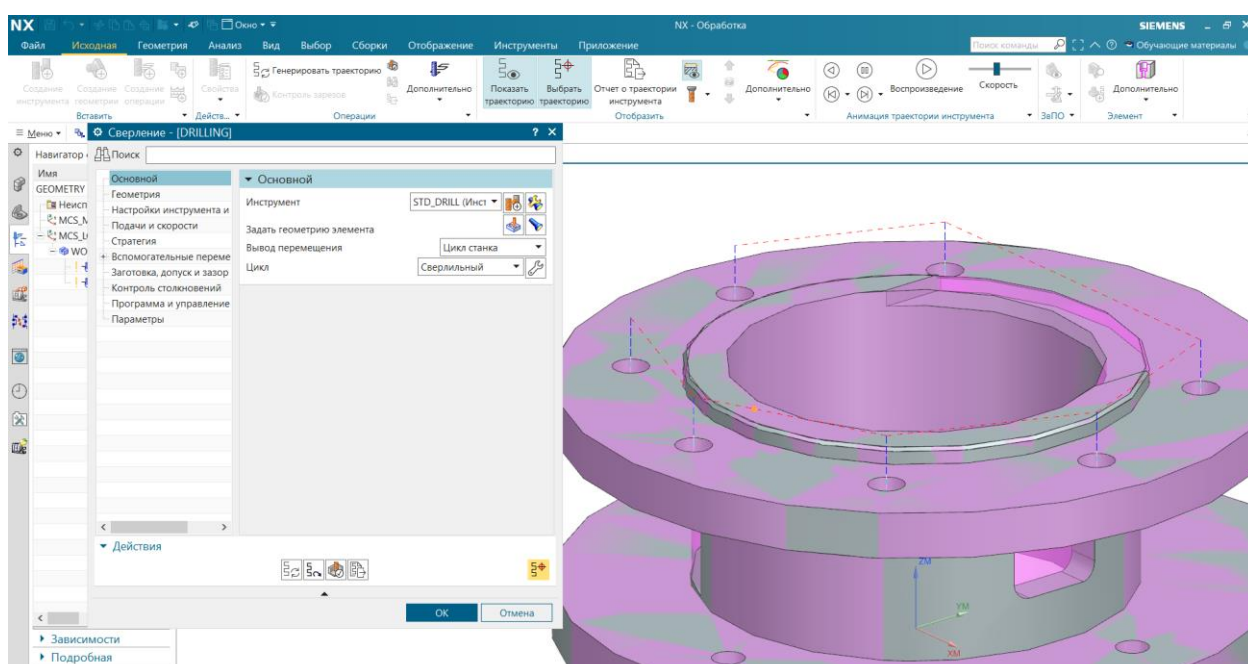


Рисунок 1.16 – Траєкторія обробки

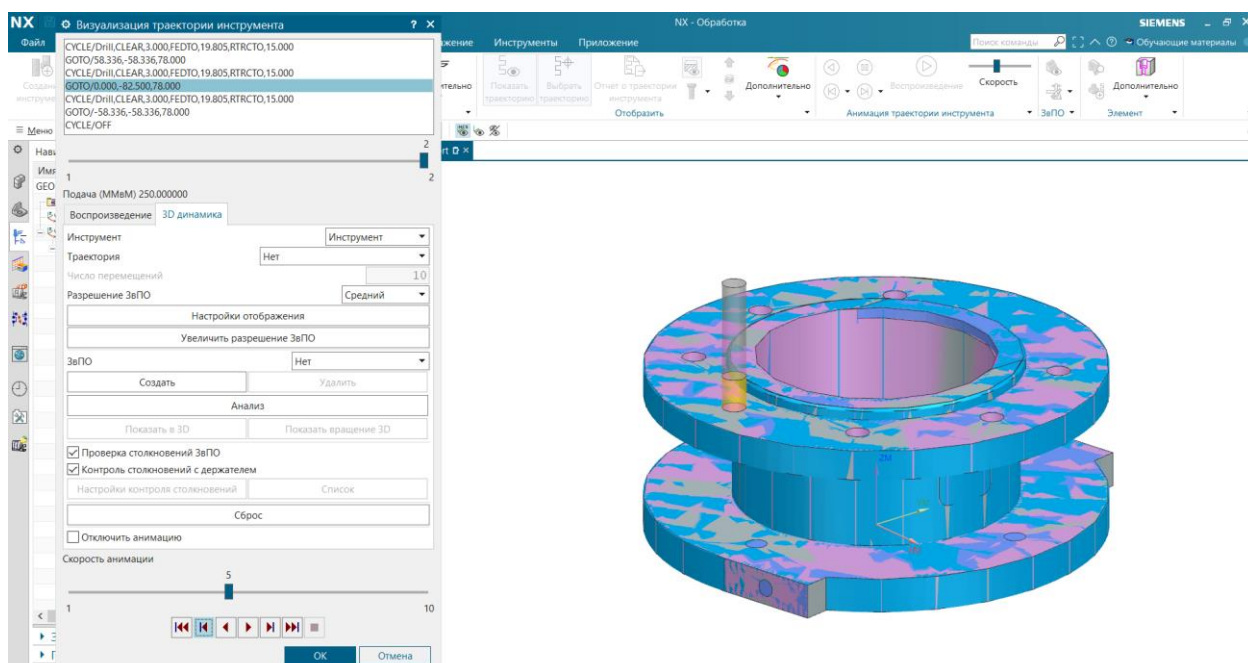


Рисунок 1.17 – Візуалізація обробки

По закінченню, перевіряємо обробку в цілому (рис. 1.18).

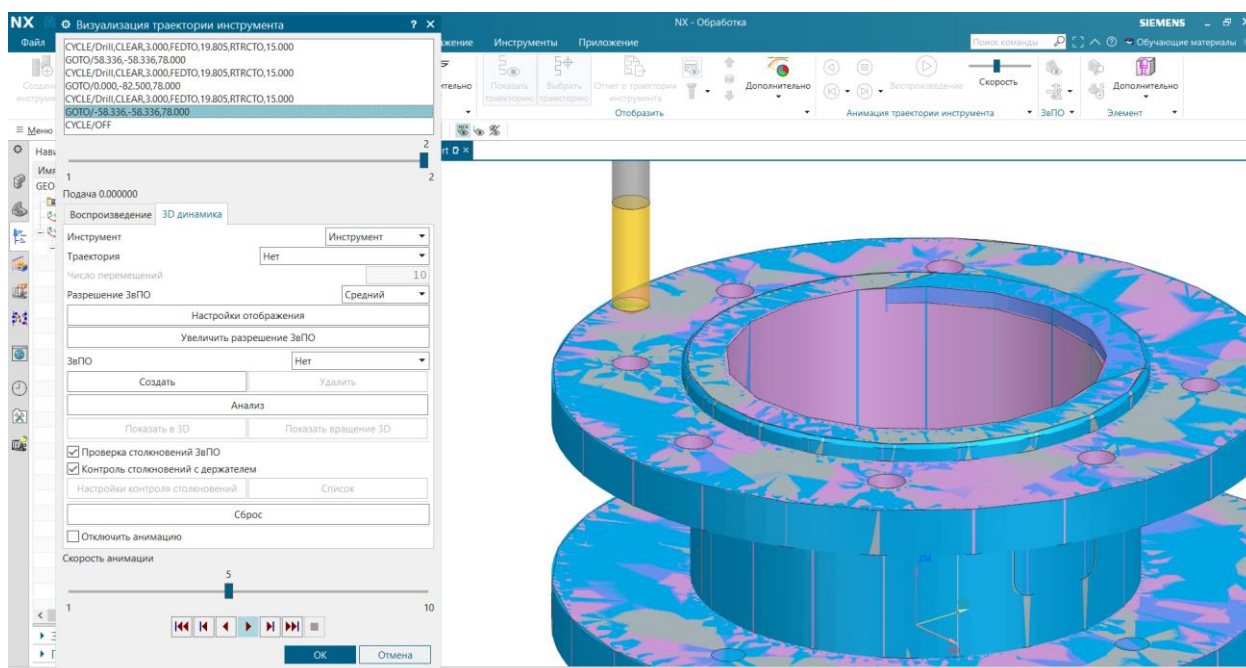


Рисунок 1.18 – Візуалізація всіх переходів обробки

Проводимо останній етап – генеруємо керуючу програму в G-кодах (рис.1.19).

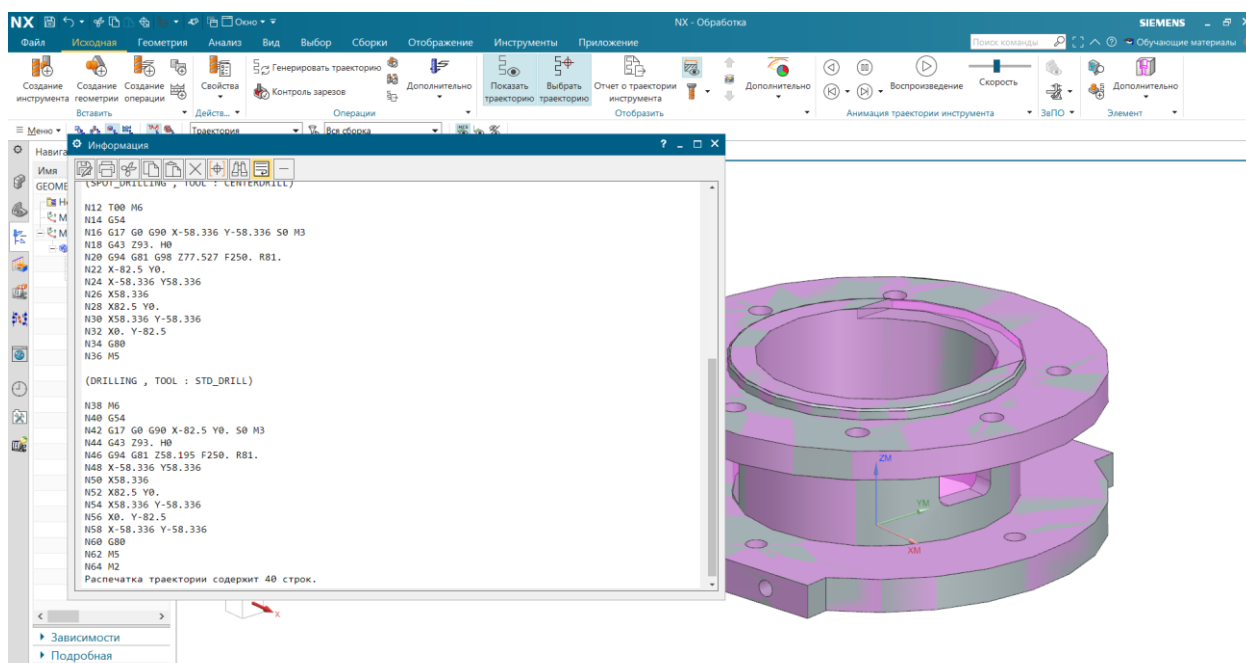


Рисунок 1.19 – Генерування керуючої програми

Результат розробки свердлильної операції в модулі NX CAM наведено на плакаті 715004.018.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування свердлильного пристосування

2.1.1 Конструкція та принцип роботи робочого пристосування

Пристосування (рис. 2.1) призначено для свердління семи отворів в деталі «Фланець». В пристосуванні є гідроциліндр для закріплення деталі. Гідроциліндр установлений в корпусі 1 пристосування. Напочатку свердління деталь установлюють на основу 2 та базують по діаметру 135 мм, потім в гідроциліндр подається рідина під тиском через що поршень 5 разом зі штоком 4 рухається вгору. На деталь зверху встановлюють плиту 3 на діаметр 135 мм. Після цього рідина під тиском заповнює об'єм гідроциліндру. Поршень 5 зі штоком 4 рухається вниз та притискає плитою 3 деталь. Для позиціонування свердла використовуються кондукторні втулки 12, які встановлені постійні втулки 11.

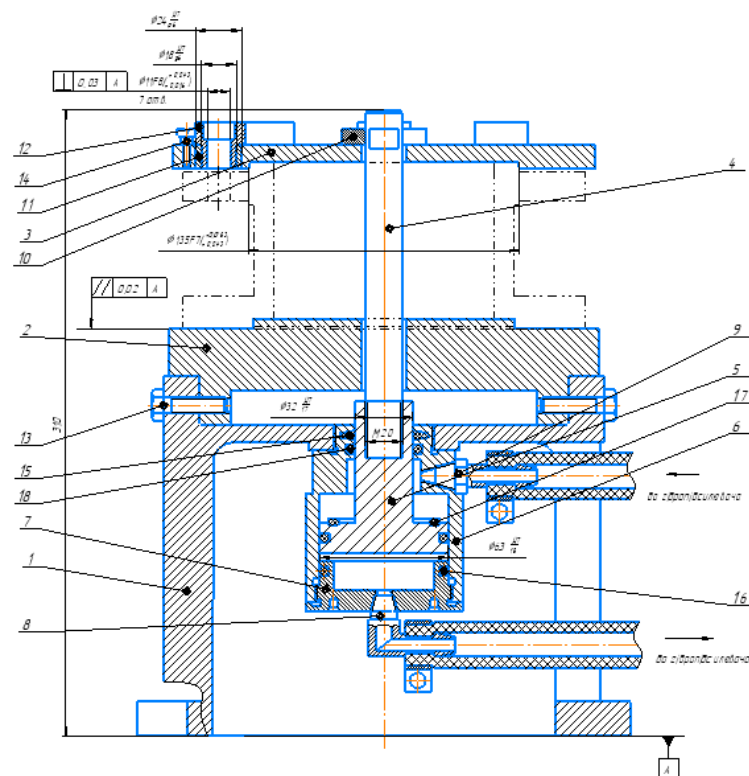


Рисунок 2.1 – Конструкція пристосування

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність.

Похибка встановлення виражає похибку положення заготовки і розраховується за формулою:

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

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

$\varepsilon_{\text{зак}}$ – похибка закріплення

Деталь встановлюється по шийці $\varnothing 135_{-0,063}$ (рис. 2.2).

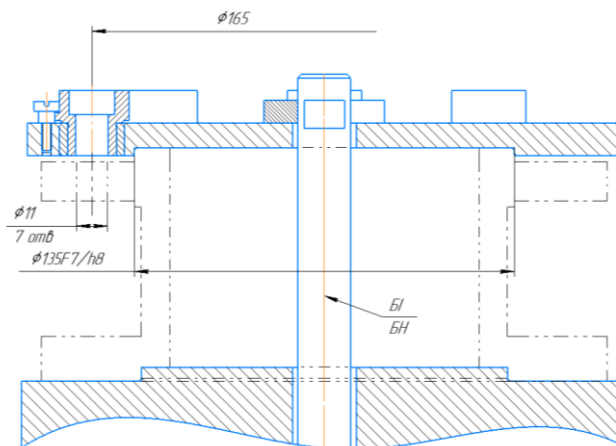


Рисунок 2.2 – Схема установки у призму

Похибка базування розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} / 2 = 0,146 / 2 = 0,073 \text{ мм} \quad (2.2)$$

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

Похибку закріплення визначаємо залежно від напрямку сили закріплення. Так як напрямок розміру обробки та сили закріплення

взаємноперпендикулярні, то $\varepsilon_{\text{зак}}=0$.

Похибка встановлення згідно формули (2.1):

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{0,073^2 + 0} = 0,073 \text{ мм}$$

Розрахунок на точність пристосування полягає у визначенні виконавчих розмірів та допусків на розташування осей кондукторних втулок. На рис. 2.3 наведено розрахункову схему.

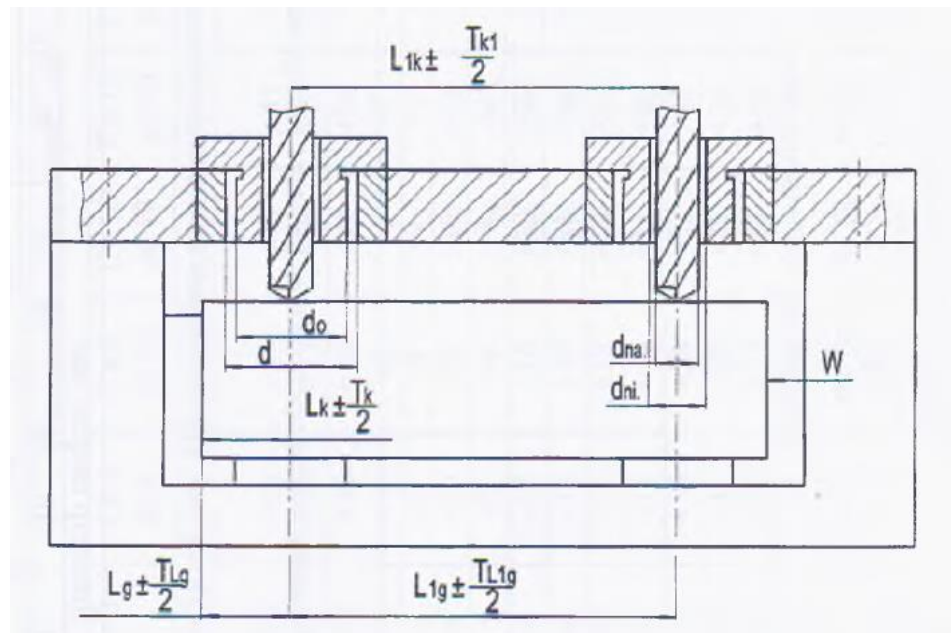


Рисунок 2.3 – Схема розрахунку розміру розміщення кондукторних втулок

Визначаємо номінальні розміри між осями кондукторних втулок. Оскільки допуски на оброблені отвори задаються симетрично, то $L_k=L_d$, $L_{k1}=L_{d1}=165 \text{ мм}$.

Розраховуємо допуск на розмір кондукторних втулок L_{k1} , L_{d1} :

$$T_k \leq T_d - k \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{зак}}^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2} \quad (2.3)$$

де T_d – повне поле допуску розмір обробки;

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

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

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

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

Δ_4 – частка похибки обробки, яка залежить від величини допустимого зносу, $\Delta_4=0,015\text{ мм}$;

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

$$\Delta_2 = S_{2\max} = d_{\max} - d_{0\min} = 0\text{ мм} \quad (2.4)$$

$$\Delta_5 = \frac{\Delta_1 \cdot (H + 2a)}{H} = \frac{0,058 \cdot (23 + 2 \cdot 5,5)}{23} = 0,092\text{ мм} \quad (2.5)$$

де a – відстань від кондукторної втулки до деталі;

$$\Delta_1 = S_{1\max} = d_{1\max} - d_{1\min} = 11,028 - 10,97 = 0,058\text{ мм} \quad (2.6)$$

$$a = (0,5 - 0,8) d_{\text{св}} = 0,5 \cdot 11 = 5,5\text{ мм} \quad (2.7)$$

$$T_k \leq 0,43 - 1 \cdot \sqrt{0,07^2 + 0,035^2 + 0^2 + 0,01^2 + 0,015^2 + 0,092^2} = 0,3\text{ мм}$$

$$\frac{T_k}{2} \leq \frac{0,3}{2} \Rightarrow \pm 0,15$$

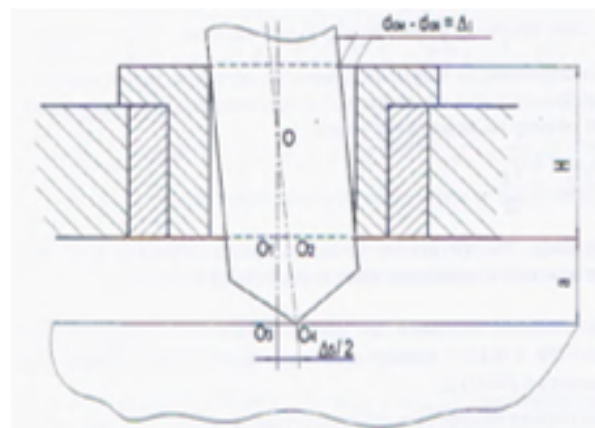


Рисунок 2.4 – Схема розрахунку перекоосу свердла

Виконавчий розмір установка:

$$[L_k] = L_k \pm \frac{T_k}{2} \quad (2.8)$$

$$L_k = 165 \pm 0,15$$

2.1.3 Розрахунок необхідного сили затиску. Вибір приводу

Дійсна сила закріплення ргідно схеми (рис. 2.5) визначається згідно формули [11]:

$$W_d = \frac{3 \cdot M_{рез} \cdot k}{f \left[\left(\frac{D_1^3 - D_2^3}{D_1^2 - D_2^2} \right) + \left(\frac{D_3^3 - D_4^3}{D_3^2 - D_4^2} \right) \right]} \quad (2.9)$$

де $M_{рез}$ – крутний момент на свердлі

D_3, D_4, D_1, D_2 – конструктивні розміри;

f – коефіцієнт тертя;

k – коефіцієнт запасу закріплення.

$$M_{кр} = 10 C_m D^q S^y K_p \quad (2.10)$$

де C, m, q, y, K – коефіцієнти.

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,03 = 11,6 \text{ Нм}$$

Коефіцієнт запасу закріплення:

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6; \quad (2.11)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

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

k_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання від прогресуючого

затуплення інструменту.

$k_3 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

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

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

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

$$k = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,7 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,06$$

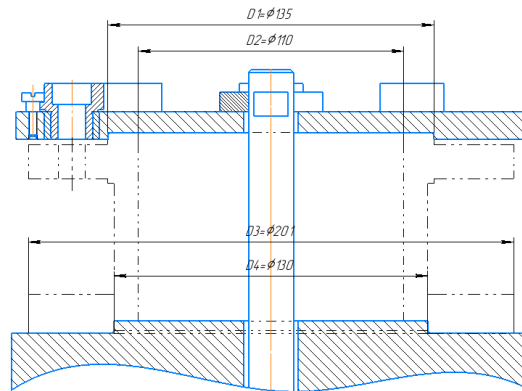


Рисунок 2.5 – Схема до визначення сили закріплення [11]

$$W_{\partial} = \frac{3 \cdot 3,06 \cdot 11,6}{0,15 \left[\left(\frac{201^3 - 130^3}{201^2 - 130^2} \right) + \left(\frac{135^3 - 110^3}{135^2 - 110^2} \right) \right]} = 7344H$$

Привід зазвичай складається з гідравлічної установки, що включає електродвигун з пусковою апаратурою, насос, резервуар для масла, апаратуру управління та регулювання, гідроциліндри та трубопроводи.

Мінімальний діаметр різьби на штоці:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \alpha \cdot W}{\pi \cdot [\sigma]}} \quad (2.12)$$

де p – тиск в гідросистемі;

α – коефіцієнт затягування;

$[\sigma]$ – допустима напруга на розтяг для сталі 40Х.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 7344}{3,14 \cdot 100}} = 23 \rightarrow 32 \text{ мм}$$

Діаметр циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{p \cdot \eta \cdot \pi}} + d^2 \quad (2.13)$$

де η – ККД, що враховує втрати на тертя.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7344}{3,14 \cdot 5 \cdot 0,85}} + 32^2 = 58 \rightarrow 63 \text{ мм}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначено для контролю биття торцю відносно отвору. Контрольне пристосування (рис. 2.6) складається зі корпусу 1, на якому встановлено штангу 2. На корпусі 1 встановлено два ролика 3 які фіксуються гвинтами 4. Для контролю биття використовується індикаторний годинник 5. Деталь встановлюється на ролики отвором діаметром 135мм і упирається торцем. На протилежний торець встановлюється ніжка індикаторного годинника 5. Шляхом обертання деталі по годиннику вимірюють значення биття.

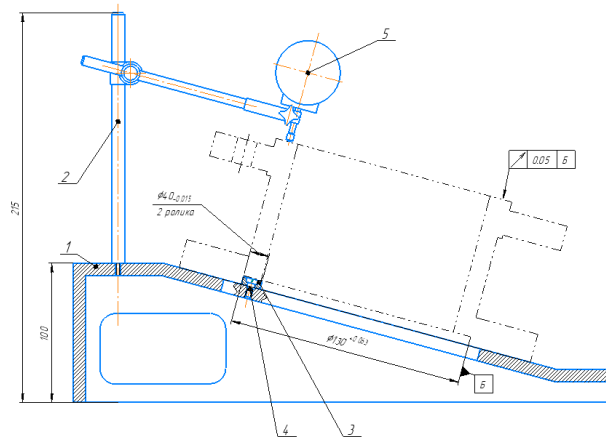


Рисунок 2.6 – Контрольне пристосування

2.3 Розрахунок на міцність деталі

Перевірку фланцю на міцність виконаємо на основі отриманих максимальних навантажень в небезпечному перерізі. Оцінку міцності деталі виконаємо на основі порівняння отриманого коефіцієнту запасу міцності з довідковим. Коефіцієнт запасу міцності залежить від ступеня відповідальності конструкції та умов її експлуатації. Коефіцієнт запасу міцності по напруженням визначається за наступною формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} = 1,5 \dots 3 \quad (2.14)$$

де $[\sigma]=225$ МПа– допустиме значення границі міцності сплаву Ак7ч;

$\sigma_{\max}$ – максимальне напруження, яке виникає в деталі.

Тому напруження, яке виникає в деталі повинне відповідати наступній вимозі:

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

Робоче положення деталі є таке, при якому один торець фланцю жорстко закріплений на редукторі. До іншого торцю фланця приєднано електродвигун, який своєю масою створює згинальне зусилля— $F = 1000 \text{ Н}$. За рахунок передачі крутного моменту електродвигуном, торець фланцю також витримує крутильні навантаження. Для фланцю небезпечними місцями є смотрові вікна на периферії.

Розрахунок напружено-деформованого стану деталі виконуємо у модулі NX CAM. Спочатку було створено 3D-модель фланцю (рис. 2.7).

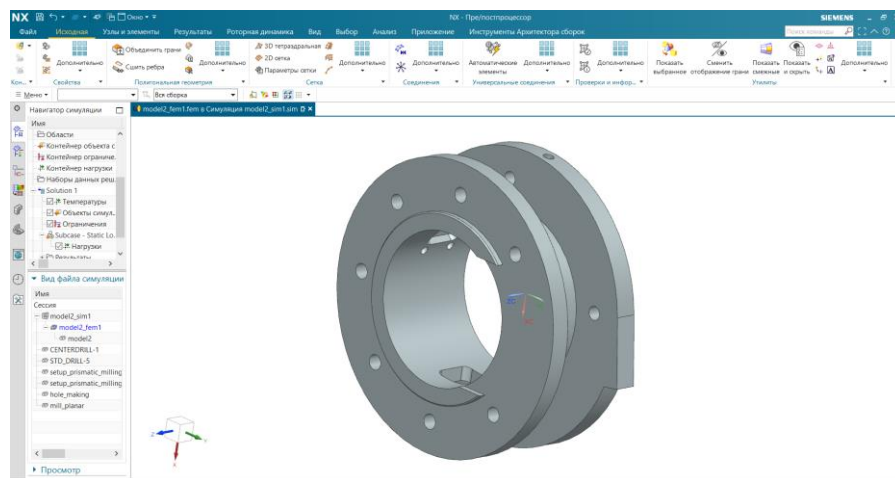


Рисунок 2.7 – 3D-модель для розрахунку

Далі 3D-модель було розбито на сітку кінцевих елементів (рис. 2.8).

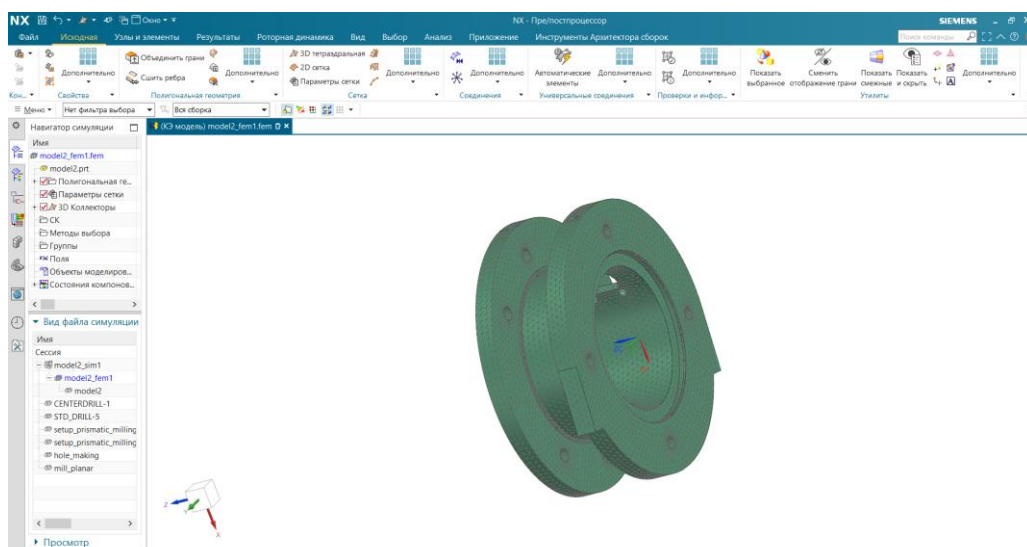


Рисунок 2.8 – 3D-модель, розбита на сітку кінцевих елементів

Далі на деталі було прикладено обмеження: закріплення по торцю який приєднаний до редуктора, обертовий момент і радіальну силу на іншому торці (рис. 2.9).

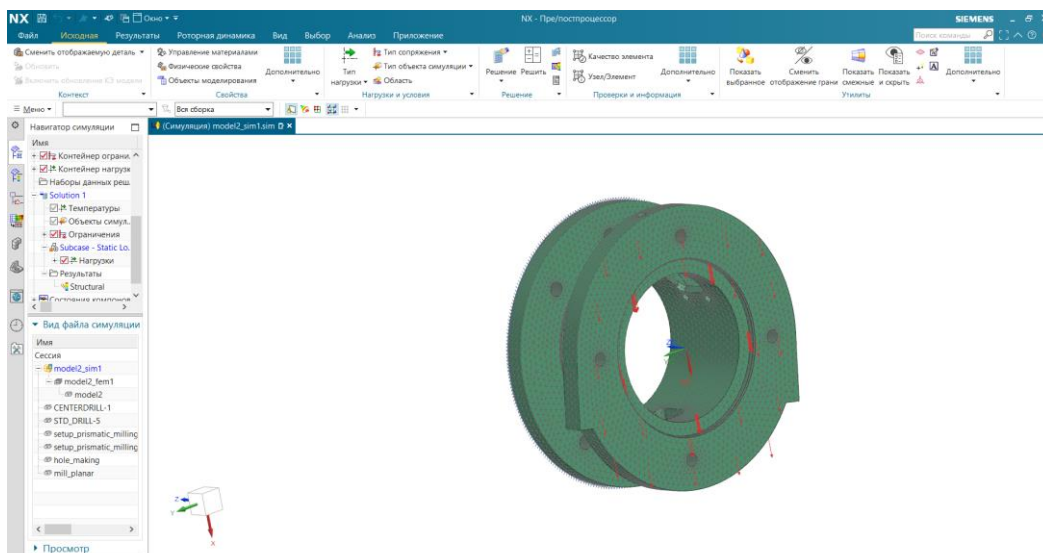


Рисунок 2.9 – 3D-модель з накладеними обмеженнями

Далі був виконаний розрахунок напружено-деформованого стану фланцю та отримано графічне зображення розподілу напружень (рис. 2.10).

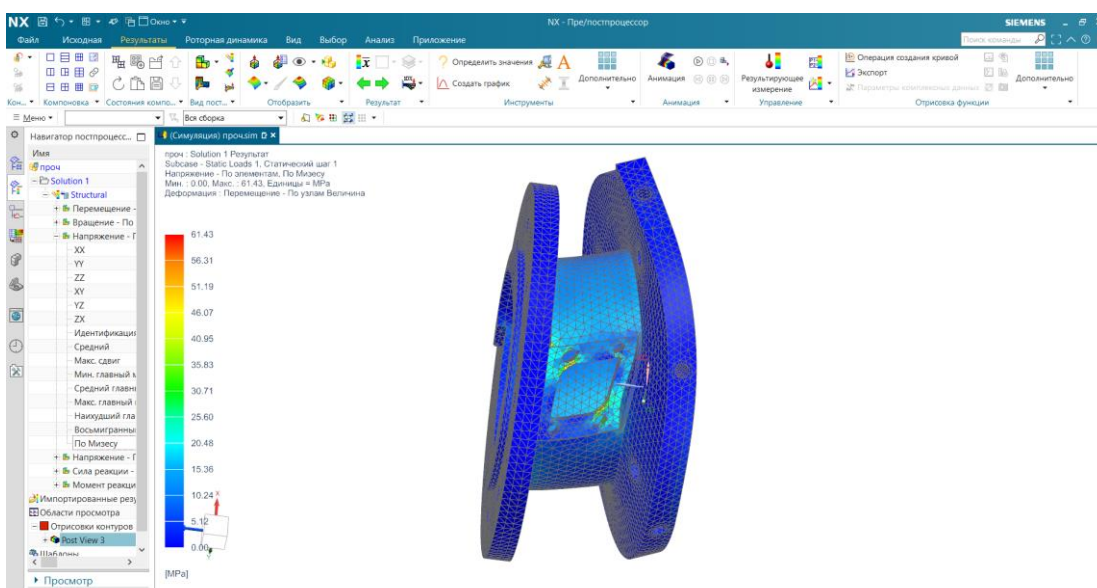


Рисунок 2.10 – Розподіл напружень

Максимальне значення напруження становило 61,43 МПа. Небезпечний переріз знаходиться в кутах смотрового вікна.

Згідно формули (2.39) зробимо перевірки максимального напруження:

$$\sigma_{max} = 61,43 \text{ МПа} \leq \frac{225}{3,5} = 64,3 \text{ МПа}$$

Результати розрахунку виявили більше ніж 3 рази запас міцності фланцю. Тому конструкцію деталі та її розміри можна вважати прийнятими.

3 РОЗРОБКА ПЛАНУВАННЯ ДЛІЬНИЦІ

Річна верстатоемність розрахуємо для кожної операції за формулою:

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

де N – річна програма випуску.

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

Розраховуємо кількість верстатів, необхідних для виконання операцій за формулою:

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

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

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

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

Коефіцієнт завантаження верстата визначаємо за формулою:

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

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

Визначаємо середній коефіцієнт завантаження верстатів за формулою:

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

$$\overline{K_3} = \frac{0,92}{11} = 0,08$$

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

Параметри	Номер операції										
	015	020	025	030	035	040	045	050	055	060	065
	Модель верстата										
	HAAS ST-10	HAAS ST-10	HAAS ST-10	HAAS ST-10	6T104	6T104	6T104	2P135Φ2	2P135Φ2	2H135	2P135Φ2
$t_{\text{в-к}}$	23,25	27,65	5,65	7,52	2,46	22,06	15,46	3,13	15,12	11,82	12,70
T	34875	41475	8475	11280	3690	33090	23190	4695	22680	17730	19050
S_p	0,15	0,17	0,04	0,05	0,02	0,14	0,10	0,02	0,09	0,07	0,08
S_n	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
K_3	0,15	0,17	0,04	0,05	0,02	0,14	0,10	0,02	0,09	0,07	0,08

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

Призначаємо багатOVERстатну обробку на токарній групі верстатів з ЧПК (операції 015...030). Максимальне значення основного часу буде на операції 020 – 27,65 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.

$$m_s = \frac{22,5 + 1,13}{2,36 + 0,15} = 9,4$$

Число операторів у зоні обслуговування розраховуємо за формулою:

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

$$R_1 = \frac{4}{9,4} = 0,42$$

Згідно розрахунків для роботи на чотирьох верстатах призначаємо одного оператора. Таким чином, для обслуговування $O=11$ верстатів необхідно $M=8$ робочих операторів.

Розраховуємо коефіцієнт закріплення операції за формулою:

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

$$K_{30} = \frac{11}{8} = 1,05$$

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

4 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ

Для оцінки очікуваної економічної ефективності розробки технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець», було порівняно обробку на універсальних токарно-гвинторізних верстатах з обробкою на токарних верстатах з ЧПК які є в наявності у цеху згідно таблиці 4.1. Розрахунок економічної ефективності заходів виконаємо згідно рекомендацій [12].

Таблиця 4.1 – Вихідні дані

Розрахункові параметри	Базова технологія							Нова технологія			
Модель верстата	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	16K20	HAAS ST-10	HAAS ST-10	HAAS ST-10	HAAS ST-10
Штучний час $t_{шт}$, хв	20	18	15	14	12	35	25	14,5	10,32	7,68	29,15
Розряд верстатника	6	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4
Розряд наладчика	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	5
Число верстатів, що обслуговуються за зміну: верстатником наладчиком	-	-	-	-	-	-	-	10	10	10	10
Тарифна ставка основного робітника, грн/год	76,6	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	2
Оптова ціна верстата F , грн	37200							650000			
Число верстатів, C_p	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Норма амортизаційних відрахувань H_a , %	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	14,2	12,2	12,2	12,2	12,2
Встановлена потужність електро-двигунів N , кВт	11	11	11	11	11	11	11	15	15	15	15

Визначимо заробітну плату основних виробничих робітників по формулі:

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

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

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

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

$K_6=0,39$ – коефіцієнт, що враховує оплату основного робітника багатостанковому обслуговуванню;

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.2, 4.3.

Таблиця 4.2 – Заробітна плата верстатника за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	$C_{тар}$, грн	$k_{доп}$	$k_{соц}$	Z_o , грн
010	Токарна	25	76,6	1,2	1,4	53,62
015	Токарна	20	76,6	1,2	1,4	42,90
020	Токарна	10	76,6	1,2	1,4	21,45
025	Токарна	8	76,6	1,2	1,4	17,16
030	Токарна	6	76,6	1,2	1,4	12,87
035	Токарна	4,5	76,6	1,2	1,4	9,65
040	Токарна	8,5	76,6	1,2	1,4	18,23
					Σ	175,87

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	23,25	57,5	1,2	1,4	37,43
020	Токарна	27,65	57,5	1,2	1,4	44,52
025	Токарна	5,65	57,5	1,2	1,4	9,10
030	Токарна	7,52	57,5	1,2	1,4	12,11
					Σ	103,15

Визначимо заробітну плату наладчиків верстатів ЧПК за формулою:

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

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

$Ч_{\text{н}}$ – чисельність робітників відповідної категорії, чол;

$\Phi_p = 2028$ год – річний фонд часу одного.

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Заробітна плата наладчиків верстатів ЧПК

№ опер	Найменування операції	Φ_p , хв	$C_{\text{тар.н}}$, грн	$Ч_{\text{н}}$	$k_{\text{доп}}$	$k_{\text{соц}}$	Z_o , грн
015	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
020	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
025	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
030	Токарна	2028	57,7	0,1	1,2	1,4	3,93
							15,73

Визначимо амортизаційні відрахування на обладнання за формулою:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.5, 4.6.

Визначимо витрати на інструмент за формулою:

$$S_{\text{ін}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{оп}}} \sum_{j=1}^{n_{\text{ін}}} \frac{Ц_{\text{ініј}} \cdot t_{\text{штіј}} \cdot \eta_{\text{и}}}{\tau_{\text{іј}} \cdot (n_{\text{і}} + 1)} \quad (4.4)$$

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

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

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

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

$n_{ін}$ – 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	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
010	Токарна	25	307200	14,2	4015	4,53
015	Токарна	20	307200	14,2	4015	3,62
020	Токарна	10	307200	14,2	4015	1,81
025	Токарна	8	307200	14,2	4015	1,45
030	Токарна	6	307200	14,2	4015	1,09
035	Токарна	4,5	307200	14,2	4015	0,81
040	Токарна	8,5	307200	14,2	4015	1,54
					Σ	14,85

Таблиця 4.6 – Відрахування на амортизацію обладнання за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт}$, хв	К, грн	На, %	F_d	$A_{від}$, грн
015	Токарна	23,25	650000	12,2	4015	7,65
020	Токарна	27,65	650000	12,2	4015	9,10
025	Токарна	5,65	650000	12,2	4015	1,86
030	Токарна	7,52	650000	12,2	4015	2,48
					Σ	21,09

Таблиця 4.7 – Витрати на інструмент за базовою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{из}	T, хв	n _j	η _{мп}	S _{из} грн
010	Токарна	25	Різець підр.	150	2	60	10	0,4	2,27
015	Токарна	20	Різець. прохід.	150	2	60	10	0,4	1,82
020	Токарна	10	Різець. прохід.	150	2	30	10	0,4	1,82
025	Токарна	8	Різець. прохід.	150	2	60	10	0,4	0,73
030	Токарна	6	Різець розточн	150	2	60	10	0,4	0,55
035	Токарна	4,5	Різець. прохід.	500	2	60	10	0,4	1,36
040	Токарна	8,5	Різець. прохід.	500	2	60	10	0,4	2,58
								Σ	11,12

Таблиця 4.8 – Витрати на інструмент за новою технологією

№ опер	Найменування операції	t _{шт} , хв	Найменування інструменту	Ц _i грн	n _{из}	T, хв	n _j	η _{мп}	S _{из} грн
015	Токарна	23,25	Різець підр.	200	1	180	5	0,4	0,96
			Різець. прохід.	200	1	180	5	0,4	0,74
020	Токарна	27,65	Різець підр.	200	1	180	5	0,4	1,26
			Різець. прохід.	200	1	180	5	0,4	0,74
025	Токарна	5,65	Різець розточн	200	1	180	5	0,4	0,22
			Різець. прохід.	200	1	180	5	0,4	0,19
030	Токарна	7,52	Різець підр.	200	1	180	5	0,4	0,56
								Σ	4,67

Визначимо витрати на електроенергію за формулою:

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

де N_e – 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);

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

η – коефіцієнт корисної дії обладнання;

k_e – коефіцієнт виконання норм часу;

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

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_T	$k_{од}$	k_w	η_e	k_e	S_e
010	Токарна	25	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	4,97
015	Токарна	20	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	3,97
020	Токарна	10	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,99
025	Токарна	8	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,59
030	Токарна	6	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,19
035	Токарна	4,5	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	0,89
040	Токарна	8,5	3,45	11	0,8	0,6	0,6	1,08	0,9	1,1	1,69
										Σ	16,3

Таблиця 4.10 – Витрати на електроенергію за новою технологією

№ опер	Найменування операції	$t_{шт.}$ хв	C_e грн	N_e кВт	k_N	k_T	$k_{од}$	k_w	η_e	k_e	S_e
015	Токарна	23,25	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	15,50
020	Токарна	27,65	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	18,44
025	Токарна	5,65	3,45	15	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	3,77
030	Токарна	7,52	3,45	12	0,9	0,7	1	1,08	0,8	1,1	4,01
											41,72

Визначимо витрати на обслуговування та ремонт обладнання за формулою:

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

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

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

Результати розрахунків наведено в таблиці 4.12, 4.13.

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

№ опер	Найменування операції	Ц _{то} , грн	K _p	C _p	S _p , грн
010	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
015	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
020	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
025	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
030	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
035	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
040	Токарна	307200	0,02	0,64	1,31
				Σ	9,18

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	650000	0,02	0,78	2,77
020	Токарна	650000	0,02	0,78	2,77
025	Токарна	650000	0,02	0,78	2,77
030	Токарна	650000	0,02	0,22	2,77
				Σ	11,09

Визначимо витрати на налаштування інструментів поза верстатом згідно формули:

$$S_{\text{н}} = \frac{\varphi \cdot C_{\text{грн}} \cdot t_{\text{ин}} \cdot t_o \cdot K_{\text{т}}}{T_{\text{м}} \cdot m \cdot 60} \quad (4.7)$$

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

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

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

t_o – основний час роботи інструменту на операції, хв;

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт, що враховує питому вагу основного технологічного часу у штучному часі;

$T_{\text{м}}$ – 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	$C_{\text{грн}}$, грн/год	n_i	$t_{\text{ин}}$, хв	$K_{\text{т}}$	$T_{\text{м}}$	m	$S_{\text{н}}$, грн
015	Токарна	Різець підр.	8,5	50,9	6	4	0,9	180	5	0,04
		Різець. прохід.	11,3	50,9	6	4	0,9	180	5	0,05
020	Токарна	Різець підр.	12,5	50,9	6	4	0,9	180	5	0,06
		Різець. прохід.	13,2	50,9	6	4	0,9	180	5	0,06
025	Токарна	Різець розточн.	3,2	50,9	6	4	0,9	180	5	0,01
		Різець. прохід.	1,8	50,9	6	5	0,9	180	5	0,01
030	Токарна	Різець підр.	5,2	50,9	6	5	0,9	180	5	0,03
									Σ	0,25

Визначимо інші загальновиробничі витрати за формулою:

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

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

$$I_{н1} = 175,87 \cdot 0,2 = 35,17 \text{ грн}$$

$$I_{н2} = 103,15 \cdot 0,2 = 20,63 \text{ грн}$$

Розрахуємо технологічну собівартість за формулою:

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

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	Вдосконалений
Заробітна плата верстатника	Z_o	175,87	103,15
Заробітна плата наладчика	Z_n		15,73
Відрахування на амортизацію обладнання	$A_{від}$	14,85	21,09
Витрати на різальний інструмент	$S_{ін}$	11,12	4,67
Витрати на електроенергію	S_e	16,3	41,72
Витрати на ремонт та обслуговування обладнання	S_p	9,18	11,09
Витрати на налаштування інструментів поза верстатом	S_n		0,25
Витрати інші	I_n	35,17	20,63
Технологічна собівартість	C_T	262,49	218,33

Розрахуємо умовний економічний ефект за формулою:

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

$$E_{ур} = (262,49 - 218,33) \cdot 1500 = 66240 \text{ грн}$$

Згідно проведених розрахунків оцінки очікуваної економічної ефективності впровадження вдосконаленої технологічної обробки деталі «Фланець» з заміною обробки на універсальних верстатах обробленням на верстатах з ЧПК дає змогу зекономити 66240 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Мікроклімат виробничих приміщень

Мікроклімат виробничих приміщень – це комплекс фізичних факторів, що впливають на теплообмін людини та визначають самопочуття, працездатність, здоров'я та продуктивність праці [13]. Підтримка мікроклімату робочого місця у межах гігієнічних норм – найважливіше завдання охорони праці.

Показники мікроклімату:

- 1) температура повітря;
- 2) відносна вологість повітря;
- 3) швидкість руху повітря;
- 4) потужність теплового випромінювання.

Повітряне середовище з усіх елементів, що становлять місце існування та діяльності людини, є найважливішим. Природне повітря є складною динамічною системою, утвореною різними газами (і парами) і що знаходяться у зваженому стані найдрібнішими твердими і рідкими частинками – аерозолями.

Під забрудненням повітря розуміється пряме чи опосередковане введення в нього будь-якої речовини в такій кількості, яка змінює якість і склад чистого атмосферного повітря, завдаючи шкоди людям, живій та неживій природі.

Найважливішою газоподібною речовиною, що визначає якість повітря, є водяна пара. Чим сильніше нагріте повітря, тим більше водяної пари він може містити. Відношення водяної пари, що міститься, до тієї граничної кількості, яка може утримуватися в повітрі при даній температурі, називається відносною вологістю.

Найважливішою характеристикою повітряного середовища є барометричний тиск, оскільки різниця барометричного тиску та тиску повітря

в альвеолах легень визначає величину газообміну. Барометричний тиск вважається і називається нормальним на рівні моря (одна атмосфера) і експоненційно зменшується з висотою.

Крім газового складу та барометричного тиску, найважливішою характеристикою повітряного середовища є температура повітря. У поєднанні із рухливістю (швидкістю) руху повітря щодо тіла людини температура повітря визначає характер теплообміну – нагрівання чи охолодження тіла людини.

Життєдіяльність людини може нормально протікати лише за умови збереження температурного гомеостазу організму, що досягається за рахунок системи терморегуляції та діяльності інших функціональних систем: серцево-судинної, видільної, ендокринної та систем, що забезпечують енергетичний, водно-сольовий та білковий обмін.

Для збереження постійної температури тіла організм повинен перебувати у термостабільному стані, що оцінюється за тепловим балансом. Тепловий баланс досягається координацією процесів теплопродукції та тепловіддачі.

Мікроклімат за ступенем впливу на тепловий баланс людини поділяється на:

- 1) нейтральний;
- 2) нагрівальний;
- 3) охолодний.

Нейтральний мікроклімат – це таке поєднання його складових, яке при впливі на людину протягом робочої зміни забезпечує тепловий баланс організму, різниця між величиною теплопродукції та сумарною тепловіддачею знаходиться в межах ± 2 Вт, частка тепловіддачі випаровуванням вологи не перевищує 30%.

Охолоджуючий мікроклімат – це поєднання параметрів, при якому має місце перевищення сумарної тепловіддачі в довкілля над величиною теплопродукції організму, що призводить до утворення загального та

локального дефіциту тепла в тілі людини (>2 Вт).

Мікроклімат, що охолоджує, призводить до загострення виразкової хвороби, радикуліту, обумовлює виникнення захворювань органів дихання, серцево-судинної системи. Охолодження людини (як загальне, і локальне) призводить до зміни його рухової реакції, порушує координацію і здатність виконувати точні операції, викликає гальмівні процеси у корі мозку, що може бути причиною виникнення різних форм травматизму. При локальному охолодженні кистей знижується точність виконання операцій.

Мікроклімат, що нагріває – поєднання його параметрів, при якому має місце зміна теплообміну людини з навколишнім середовищем, що виявляється в накопиченні тепла в організмі (>2 Вт) та/або у збільшенні частки втрат тепла випаром вологи ($>30\%$).

Вплив нагріваючого мікроклімату викликає порушення стану здоров'я, зниження працездатності та продуктивності праці. Мікроклімат, що нагріває, може призвести до захворювання загального характеру, яке проявляється найчастіше у вигляді теплового колапсу. Він виникає внаслідок розширення судин та зменшення тиску в них крові. Непритомному стану передують біль голови, почуття слабкості, запаморочення, нудота.

Тепловий удар дуже небезпечний. Навіть за раннього виявлення кожен п'ятий випадок є смертельним. При загальному тепловому застої значно підвищується температура тіла, що призводить до прямого пошкодження тканин, особливо центральної нервової системи. Нудота і блювання передують шоківій стадії з глибокою втратою свідомості, що іноді супроводжується судомами. Внаслідок розладу центру терморегуляції знижується потоутворення. Шкіра гаряча, суха, спочатку має червоний колір, а потім набуває сірого забарвлення. Смертність тим вища, що стоїть температура тіла.

В результаті сонячного удару в першу чергу порушуються функції головного мозку через місцеве перегрівання незахищеної від сонця голови.

Тепловий стан людини – це функціональний стан організму,

обумовлений його теплообміном з навколишнім середовищем, що характеризується вмістом та розподілом тепла у глибоких та поверхневих тканинах організму, а також ступенем напруги механізмів терморегуляції.

Тепловий стан людини класифікується на:

- 1) оптимальний;
- 2) допустимий;
- 3) гранично допустимий;
- 4) неприпустимий.

Розроблено метод оцінки теплового стану з метою обґрунтування гігієнічних вимог до мікроклімату робочих місць, а також заходи профілактики захисту працюючих від можливого охолодження та перегрівання.

За ступенем впливу на самопочуття людини, її працездатність мікрокліматичні умови поділяються на:

- 1) оптимальні;
- 2) допустимі;
- 3) шкідливі;
- 4) небезпечні.

Профілактика перегріву організму працівника в мікрокліматі включає наступні заходи:

- 1) нормування верхньої межі зовнішнього термічного навантаження на допустимому рівні стосовно восьмигодинної робочої зміни;
- 2) регламентація тривалості впливу нагрівального середовища для підтримки середньозмінного теплового стану на оптимальному або допустимому рівні;
- 3) використання спеціальних засобів колективного та індивідуального захисту, що зменшують надходження тепла ззовні до поверхні тіла людини та забезпечують допустимий тепловий режим.

Захист від охолодження здійснюється за допомогою:

- 1) одягу, виготовленого відповідно до вимог державних стандартів.
- 2) використання локальних джерел тепла, що забезпечують збереження належного рівня загального та локального теплообміну організму.
- 3) регламентації тривалості безперервного перебування на холоді та тривалості перебування у приміщенні з комфортними умовами.

Пил – це аеродисперсна система, в якій дисперсійним середовищем є повітря, а дисперсною фазою пилові частки. Пилові частинки знаходяться в твердому стані і мають розміри від десятих часток міліметра до часток мікрометра.

Виробнича пил класифікується:

- 1) за походженням – органічна, неорганічна, змішана;
- 2) за способом утворення – аерозолі дезінтеграції, конденсації;
- 3) за розміром частинок – видима (понад 10 мкм), мікроскопічна (0,25-10 мкм) та ультрамікроскопічна (менше 0,25 мкм).

Джерелами забруднення повітря виробничих приміщень є виробничі процеси, у ході яких виділяються технологічний пил та аерозолі.

Пил може чинити на організм різну дію. По кінцевій дії, що ушкоджує, виробничі аерозолі можна розділити на аерозолі переважно фіброгенної дії і аерозолі, що надають переважно загальнотоксичну, дратівливу, канцерогенну, мутагенну дію, а також впливають на репродуктивну функцію.

Аерозолі переважно фіброгенної дії можуть викликати професійні захворювання легень – пневмоконіози, пилові бронхіти, а також інші хронічні захворювання органів дихання.

І в нашій країні гігієнічні регламенти вмісту пилу встановлені за гравіметричними (ваговими) показниками, вираженими в міліграмах на кубічний метр (мг/м³), що характеризує всю масу присутнього в зоні дихання пилу.

Засоби нормалізації повітряного середовища виробничих приміщень та робочих місць включають:

- 1) пристрої підтримки нормованої величини барометричного тиску;
- 2) пристрої вентиляції та кондиціювання повітря;
- 3) устрою локалізації шкідливих факторів;
- 4) пристрої автоматичного контролю та сигналізації;
- 5) устрою дезодорації повітря.

ВИСНОВКИ

Було розроблено рекомендації вдосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець». Було економічно обґрунтовано отримання заготовки литтям в кокіль, розраховано масу заготовки (3 кг), коефіцієнт використання матеріалу (0,8). Економічний ефект від впровадження отримання заготовки литтям в кокіль становив 4200 грн.

Був розроблено маршрут виготовлення деталі, який містить 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 сверлильної операції з ЧПК була розроблена керуюча програма в програмному забезпеченні NX CAM.

Було спроектовано робоче пристосування для сверлильної операції. Для нього було розраховано похибку встановлення, був проведений розрахунок на точність, розраховано зусилля затиску і обраний гідроциліндр. Також було спроектовано контрольне пристосування для контролю биття крайнього торцю.

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

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Справочник металлиста. В 5-и т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Рахштадта, В.А. Брострема]. – М. : Машиностроение, 1976, – 720 с.
2. Богуслаев В.О. Основы технології машинобудування. Навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей вищих навчальних закладів / В.О. Богуслаєв, В.І. Ципак, В.К. Яценко – Запоріжжя, вид. ВАТ «Мотор Січ», 2003. – 336 с.
3. ГОСТ 14.312-74. Единая система технологической подготовки производства. – М. : Изд-во стандартов, 1984. – 11 с.
4. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 57 с.
5. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин», для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», освітньої програми (спеціалізації) «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / Укл. : Гончар Н.В., Тришин П.Р. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2019. – 61 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. – 652 с.
8. 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.
9. Справочник нормировщика – машиностроителя Т. 2. / [под ред. Е.И. Стружестраха]. – М. : Машгиз, 1961. – 890с.

10. Богуслаев В.А. Станочные приспособления / В.А. Богуслаев, В.А. Леховицер, А.С. Смирнов – Запорожье: ОАО «Мотор Сич», 2000. – 430 с.

11. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з дисципліни «Технологічна оснастка» для студентів зі спеціальностей: 131 «Прикладна механіка» освітня програма «Технології машинобудування» 133 «Галузеве машинобудування» освітня програма «Металорізальні верстати та системи» усіх форм навчання / укл.: Е.В. Вишнепольський, О.Б. Козлова – Запоріжжя: НУЗП, 2020. – 70 с.

12. 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.

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

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Спроб. №						<u>Документация</u>			
					НЧЗП 293426.018	Складальные кресления	1		
						<u>Детали</u>			
				1	Корпус	1			
				2	Основа	1			
		3	Плита	1					
		4	Шток	1					
		5	Поршень	1					
		6	Корпус	1					
		7	Кришка	1					
		8	Фланец загнутый	1					
		9	Фланец	1					
		10	Шайба	1					
		11	Втулка постійна	1					
		12	Втулка швидкозмінна	1					
						<u>Стандартные изделия</u>			
			4	Болт М8х30 ГОСТ 7805-70	4				
			14	Гвинт М4х15 ГОСТ 1491-80	7				
					ЗНТУ 293426.018				
Инд. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Кондуктор для сверління 7 отв. Ø20мм	Лит.	Лист	Листов
	Разраб.	Поляков						1	2
	Проб.	Кондратюк							
	Н.контр.	Дядя					НЧЗП		
	Утв.	Дядя					М-110сп		

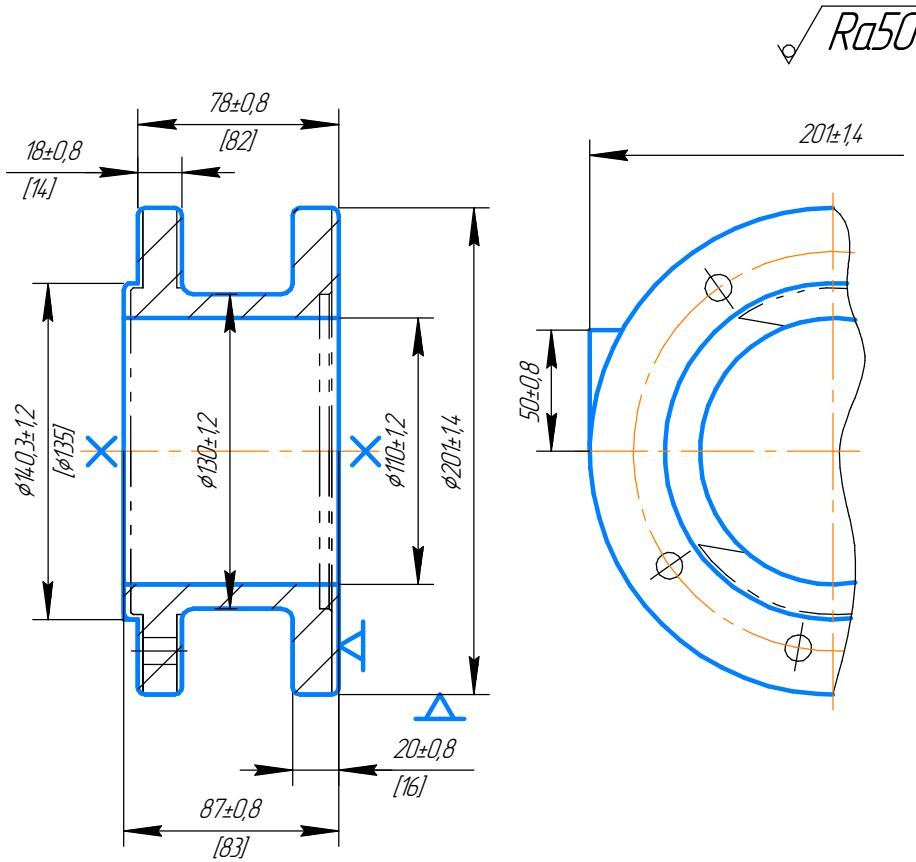
ДОДАТОК Б
Технологічні карти

Дцдл			
Взам			
Ориг.			

Гл.технолог
Нач. БПМ

Форма 170-162

					Опер 005	НУЗП 0214.123018	1	1	
Розроб.	Поляков			НУЗП	НУЗП 7154.12.018		М-110сп.2014.1.000005		
Перевір.	Кондратюк								
				Фланець					
Н.контр.	Дядя								005



Технічні умови на заготовку				
Матеріал		Заготовка		
Найменування та марка	Код	Код і вид	Профіль і розмір	
Сплав АК7ч-Т2 ГОСТ 1583-93		відливка	$\phi 201 \times 87$	
Технічні умови		Маркування	Твердість	Маса деталі
ГОСТ 26645-85			45...70 HB	2,42
Сортамент		Допустима кривизна		КВМ
				0,8
Розмір вихідного матеріалу		Кілдет. із заг.	Норма розходу	
		1	Розм. листа, прутка	Маса
				3

1. Заготовка-відливка по 1 гр. по ОСТ4.ГО.021.192.
2. Точність відливки 10-0-0-7 ГОСТ 26645-85
3. Невказанні ливарні радіуси 3...5 мм.

Карта заготовки

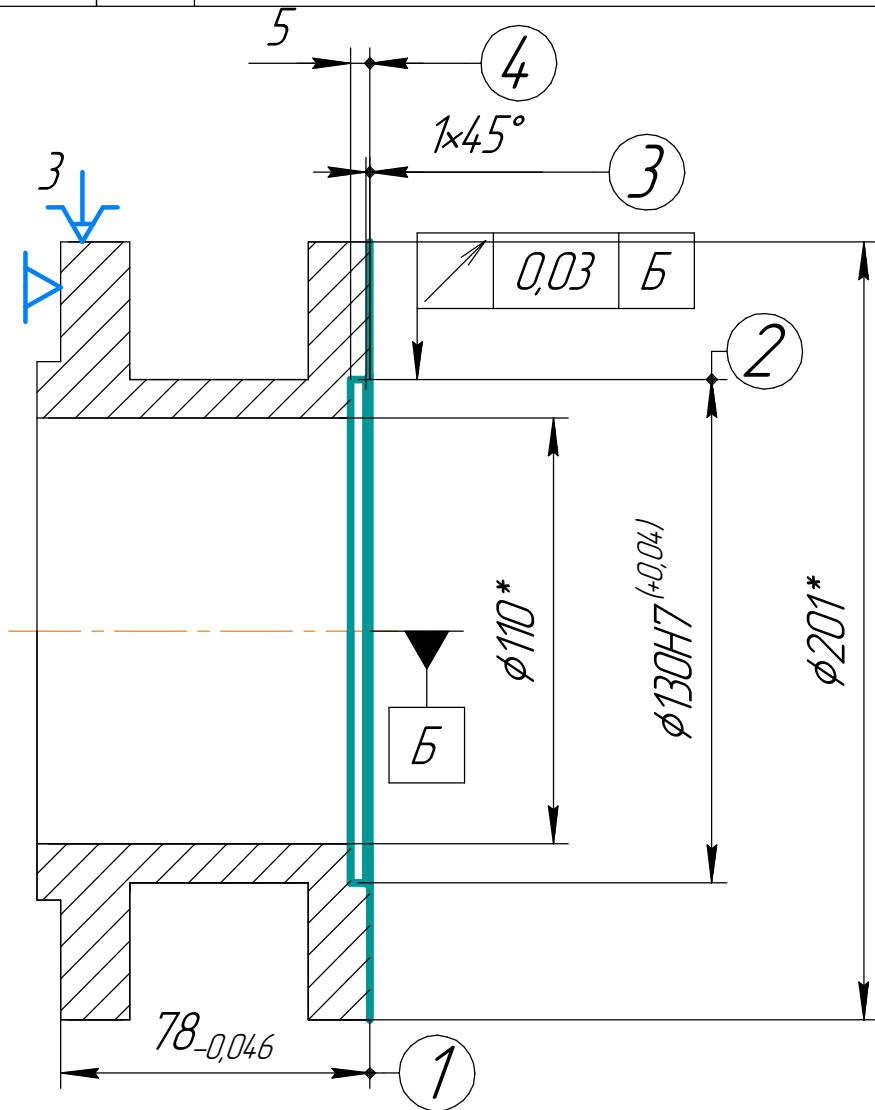
Дод.																
Взам.																
Підл.																
										НУЗП 0214.123018		Листів 3		Лист 1		
Розроб.		Поляков							НУЗП		НУЗП 7154.12.018			М-110сп.1014.1.000001		
Перевір.		Кондратюк														
Н.Контр		Дядя									Фланець					
А		Цех	Діл	РМ	Опер.	Код найменування операції				Позначення документа						
Б		Код найменування устаткування				СМ	Проф.	Р	УП	КП	КОВД	ОН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тшт
А 01					005	2170 Заготівельна				ЮП №001						
Б 02		382101			КГШП	3	13229	4	2	1	1	шт	18	1		
03																
А 04					010	5000 Термічна обробка				ЮП №002						
Б 05		344210			Електропіч Н-75	3	19100	5	2	1	10	шт	18	1		
06																
А 07					015	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №003						
Б 08		381021			Токарний з ЧПК HAAS ST10	1	16045	4	1	1	1	шт	18	1	30	23,25
09																
А 10					020	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №003						
Б 11		381021			Токарний з ЧПК HAAS ST10	1	16045	4	1	1	1	шт	18	1	30	27,65
12																
А 13					025	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №003						
Б 14		381021			Токарний з ЧПК HAAS ST10	1	16045	4	1	1	1	шт	18	1	30	5,65
15																
А 16					030	4233 Токарна з ЧПК				ЮП №003						
Б 17		381021			Токарний з ЧПК HAAS ST10	1	16045	4	1	1	1	шт	18	1	30	7,52
18																
МК																

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

				НУЗП 0214.1.23018		1	1
Розроб.	Полюков			НУЗП	НУЗП 7154.12.018	М-110сп.2014.1.00025	
Перевір.	Кондратюк			Фланець			025
Н. контр.	Дядя						



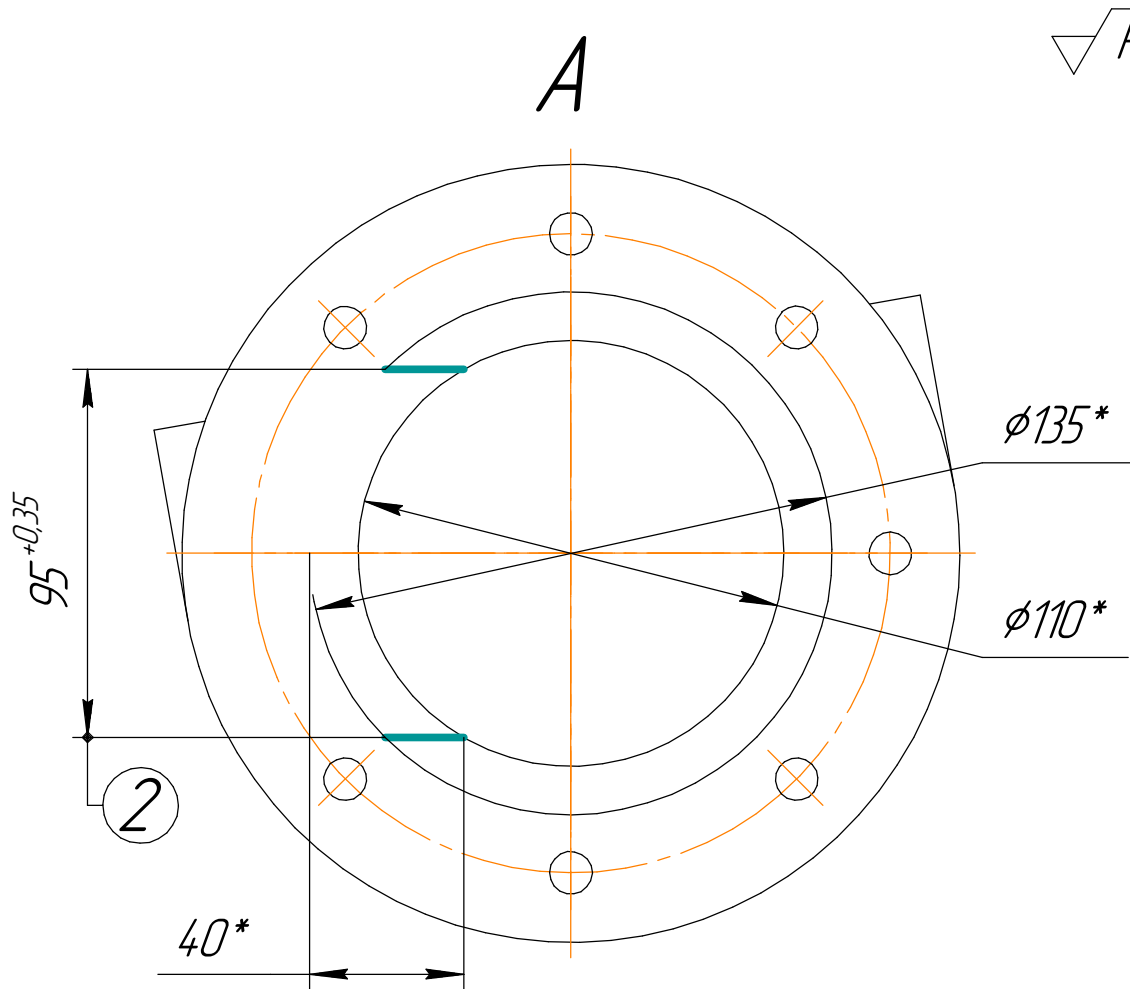
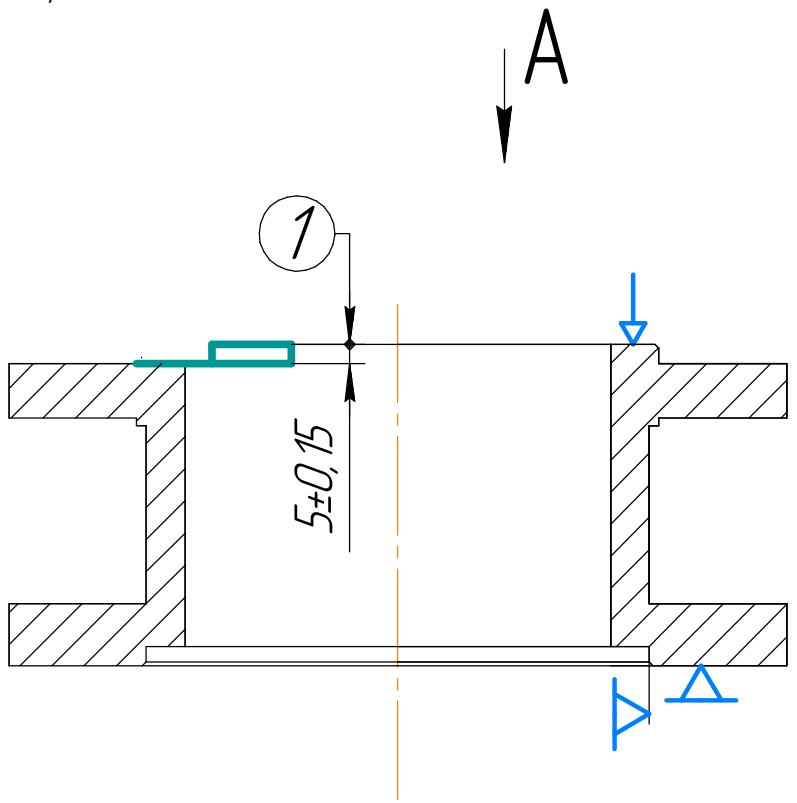
КЗ			
----	--	--	--

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

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

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

						НУЗП 0214.1.23018	1	1
Розроб.	Полюков			НУЗП	НУЗП 7154.12.018	М-110сп.2014.1.00035		
Перевір.	Кондратюк							
Н. контр.	Дядя				Фланець			035



* розміри для довідок

КЗ							
----	--	--	--	--	--	--	--

Дудл.			
Взам.			
Підп.			

ГОСТ 3.1105-84				Форма 7

							НУЗП 0214.1.23018	1	1
Розроб.	Полюков			НУЗП	НУЗП 7154.12.018		М-110сп.2014.1.00050		
Перевір.	Кондратюк								
Н. контр.	Дядя				Фланець				050

