

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)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему

Застосування методів поверхнево пластичного деформування
для зміцнення відповідальних деталей типу «Моноколесо»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи Мз-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Чернишева К.Є.

(прізвище та ініціали)

Керівник Степанов Д.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Матюхін А.Ю.

(прізвище та ініціали)

Форма № 25

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри С.І. Дядя
 « » 2020 року

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Чернишевої Катерини Євгенівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Застосування методів поверхневого пластичного деформування для зміцнення відповідальних деталей типу «Моноколесо»

керівник проєкту (роботи) Степанов Д.М., доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» грудня 2020 року № 369

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 10.12.2020 р.
 3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі «Колесо відцентрове»;
річна програма випуску N=10000 деталей на рік

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація - розвиток автоматизації у напрямі технологічної гнучкості і широкого застосування EOM; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX; 5 Спеціальне завдання. Особливості зміцнення моноколес динамічними методами ППД; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; графічне зображення етапів підготовки УП для верстатів з ЧПУ; лист автоматизації; креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; графічна частина до спецзавдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	<i>доцент, ктн</i> Степанов Д.М.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент, ктн <i>Мондротюк Е.В.</i>		

7. Дата видачі завдання « 01 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2020	
2	Конструкторська частина	06.10.2020	
3	Автоматизація - розвиток автоматизації у напрямі технологічної гнучкості і широкого застосування ЕОМ	14.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX	20.10.2020	
5	Спецзавдання. Особливості зміцнення моноколіс динамічними методами ППД	03.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	10.11.2020	
7	Охорона праці	17.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	24.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	10.12.2020	
10	Захист дипломного проєкту.	16.12.2020	

Студент(ка)



(підпис)
Чернишева К.Є.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис)

Степанов Д.М.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 123 с., 41 рисунок, 9 таблиць, 3 додатки, 36 посилань.

БАЗА, ВЕРСТАТ, ДОПУСК, ЕСКІЗ, ЗАГОТОВКА, КВАЛІТЕТ, КОЛЕСО
ВІДЦЕНТРОВЕ, НАЛАГОДЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ПРИПУСК, ПРОЦЕС,
РЕЖИМИ РІЗАННЯ, РІЗЕЦЬ, РОЗМІР, СОБІВАРТІСТЬ, ТЕРМООБРОБКА,
ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ

Об'єкт дослідження – колесо відцентрове двигуна АИ-450.

Мета магістерської роботи – проектування технологічного процесу виготовлення відцентрових коліс; визначенні можливості щодо оптимізації конструкції деталі з метою підвищення її надійності, запроєктовано технологічний процесу обробки відцентрового колеса з використанням сучасного верстатного обладнання.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний, із застосуванням спеціальних систем САПР.

На високому рівні спроектовано технологічний процес виробництва відцентрового колеса. Обрано і економічно обґрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості.

Виконуючи роботу розроблено та спроектовано конструкції верстатного та контрольного пристосувань, проаналізовано заходи автоматизації для підвищення продуктивності виготовлення деталі, розглянута можливість застосування зміцнюючої обробки для підвищення несучої здатності деталі.

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 і форми організації робіт.....	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	18
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	18
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь.....	20
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів.....	25
1.6 Розрахунок режимів різання.....	34
1.7 Розрахунок технічної норми часу.....	45
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль.....	51
1.8.1 Розробка токарної операції.....	51
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	54
2 Конструкторська частина.....	56
2.1 Проектування робочого пристосування.....	56
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	56
2.1.2 Розрахунок похибки базування.....	57
2.1.3 Визначення сил затиску.....	58
2.1.4 Розрахунок пристосування на точність.....	62
2.1.4 Розрахунок пристосування на міцність.....	64

2.2	Проектування контрольного пристосування.....	66
3	Автоматизація - розвиток автоматизації у напрямі технологічної гнучкості і широкого застосування ЕОМ.....	71
4	Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі.....	82
5	Спеціальне завдання. Особливості зміцнення моноколів динамічними методами ППД.....	86
6	Оцінка очікуваної ефективності розробки.....	99
7	Охорона праці.....	101
	Висновок.....	102
	Перелік посилань.....	103
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування.....	105
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування.....	106
	Додаток В. Охорона праці.....	107
	Перелік посилань Додатку В.....	124

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧКИ

ДСТУ	Державний стандарт
ЗВ	Засоби вимірювання
ЗОР	Змазуючо-охолоджуюча рідина
КГШП	Кривошипний горячештампувальний прес
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
ОК	Об'єкт контролю
ППТЯ	Послідовність показників точності та якості
РСЗ	Робочий стандартний зразок
СНтП	Система норм та правил
ТО	Термічна обробка
ТП	Технологічний процес

ВСТУП

Все зростаюча конкуренція серед виробників авіаційних двигунів, вимагає від виробника виготовлення продукції в мінімальні терміни з максимальною якістю і мінімальною собівартістю виробу. Собівартість виробів в значній мірі залежить від використання прогресивних технологічних процесів застосування прогресивного технологічного обладнання та зменшення тривалості виробничого циклу виготовлення деталі. В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва. Якість створюваного виробу забезпечується на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якісної продукції є контроль виробу, як в ході виконання технологічного процесу, так і остаточний контроль деталі. Для забезпечення більшого відсотка контролюючих деталей і зменшення часу на контроль, зі збільшенням відсотка достовірності вимірювань необхідно застосовувати контрольні пристосування з автоматичним і напівавтоматичним циклом роботи, при використанні різних датчиків, а також систем обробних і аналізують отриману інформацію.

В умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства на ринку буде мати застосування найбільш продуктивних з найменшою собівартістю коштів праці, які забезпечують необхідну якість; виконання автоматизованих конструкторських і технологічних робіт зі складанням мережевий моделі роботи підприємства; застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Основною робочою частиною компресору авіадвигуна AI-450 (рис. 1.1) є колесо відцентрове. Колесо відцентрове розміщено на стяжній втулці турбіни, яка торцевими шліцами входить у зачеплення з диском турбіни та приводиться нею у обертання. Повітря через вхідний пристрій корпусу переднього підводиться у колесо відцентрове компресору. В ньому виконується стискання повітря.

У вузлі, розташованому за радіальним дифузorzом, потоки повітря змінює напрямок руху з радіального на осьовий на вході у камеру згорання.

Основними елементами відцентрового компресору є: вхідний патрубок, корпус компресора, відцентрове колесо, дифузор, вихідні патрубки.

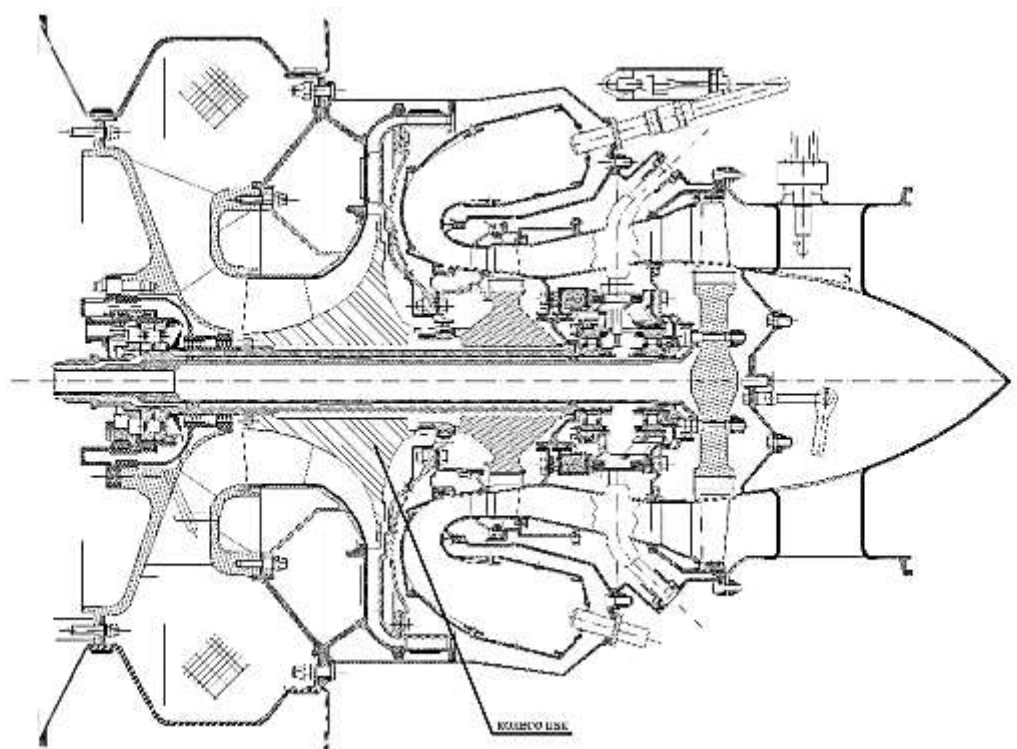


Рисунок 1.1 – Авіадвигун AI-450

Основною частиною відцентрового компресору є відцентрове колесо. Воно являє собою диск, на якому розміщені лопатки. Стінка диску колеса та лопатки утворюють канали (по ходу руху повітря), по яким протікає повітря. Робоче колесо розташоване на валу, що приводиться у обертання від турбіни, та оточене нерухомим корпусом, до котрого примикає вхідний патрубок.

Для забезпечення без ударного входу повітря у відцентрове колесо передні кінці лопаток загнуті. Іноді замість вигнутих передніх кінців лопаток встановлюється обертаючий направляючий апарат, який кріпиться до робочого колеса та утворює з ним єдине ціле.

Деталь виготовляється з титанового деформуючий сплаву BT25Y. Хімічний склад наведено у таблиці 1.1-1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад в % матеріалу BT25Y

Fe	C	Si	Mo	W	N	Ti	Al	Zr	O	Sn	H
до 0.15	до 0.1	0.1 - 0.3	3.5 - 4.5	0.4 - 1.5	до 0.04	78.95 - 85.7	6 - 7	3 - 4.5	до 0.15	1 - 2.5	до 0.01

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу BT25Y

Переріз, мм	σ_B , МПа	d_5 , %	y , %	KCU, кДж/м ²
Поковки дисків та валів після термообробки ОСТ 1 90197-89 (зразки вирізані в хордовому напрямку; вказано вагу заготовок за категоріями)				
≤ 25	1080-1280	≥ 8	≥ 18	≥ 294
Поковки дисків та валів після термообробки ОСТ 1 90197-89 (зразки вирізані в хордовому напрямку; вказано вагу заготовок за категоріями)				
25-100	1080-1280	≥ 6	≥ 15	≥ 274
Поковки дисків та валів після термообробки ОСТ 1 90197-89 (зразки вирізані в хордовому напрямку; вказано вагу заготовок за категоріями)				
100-200	1080-1280	≥ 6	≥ 14	≥ 255

Тривимірна модель відцентрового колеса показана на рисунку 1.2.

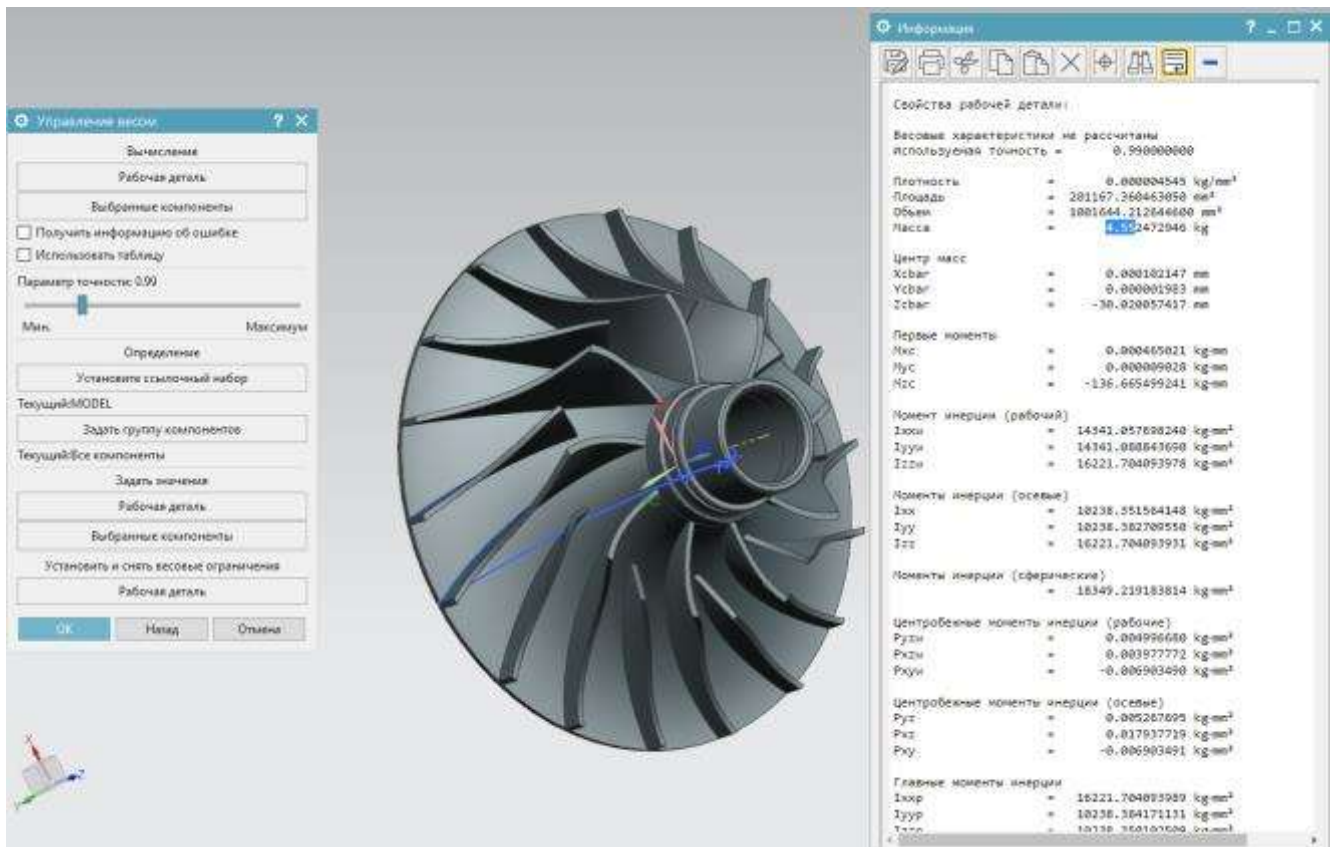


Рисунок 1.2 – Тривимірна модель відцентрового колеса

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації работ

Вихідні дані:

річна програма випуску..... $N = 10000$ шт.

маса деталі..... $q = 4,55$ кг

Враховуючи масу деталі і програму випуску приймаємо серійний тип виробництва.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою (1.1):

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi} \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

Φ – кількість робочих днів на рік (250 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 10000}{250} = 80 \text{ шт.}$$

Операції на робочих місцях виконуються рівномірно та повністю завантажені одними й тими ж операціями та виробництво поточне.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

При виборі методу отримання заготовки необхідно враховувати геометрію деталі, умови виготовлення та кількість деталей у партії.

Щодо відцентрового колеса, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів штамповки, так як матеріал – деформуючий титановий сплав BT25У. До даної деталі висувають високі вимоги за механічними властивостями, макроструктурою, залишковим напруженням. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані штампуванням на молотах і КГШП.

Вибір найбільш раціонального методу отримання заготовки проводиться на підставі розрахунку шляхом порівняння собівартості отримання заготовки по кожному із варіантів, отриманих різними методами.

Визначаємо припуски і розрахуємо масу заготовки, отриману будь-яким способом.

Штампування на молотах.

Попередньо визначаємо розміри заготовки (рисунок 1.3) (1, табл. 1.2 стор. 11). На рисунку 1.4 показано розрахунок масо-центрових характеристик тривимірної моделі заготовки.

$$C_1 = \frac{C_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{C_{отх}}{1000}, \quad (1.2)$$

де C_B -базова собівартість 1т заготовки, $C_B=25000$ грн/т;

Q -маса заготовки, $Q=16,97$ кг;

q -маса деталі, $q=4,55$ кг;

K_T - параметр, що враховує клас точності $K_T=1$, [1, табл.1.6, с.14];

K_M - параметр, що враховує марку матеріалу $K_M=2,4$, [1, табл.1.7, с.14];

K_B - параметр, що враховує масу заготовки $K_B=1$, [1, табл.1.8, с.14];

K_{II} - параметр, що враховує програму випуску $K_{II}=0,5$, [1, табл.1.10, с.15];

$C_{відх}$ - собівартість 1т стружки, $C_{отх}=1400$ грн/т.

$$C_1 = \frac{25000}{1000} \times 16,97 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (16,97 - 4,55) \times \frac{1400}{1000} = 491,71 \text{ грн}$$

Визначимо параметр використання матеріалу за формулою (1.3):

$$K_{BM} = \frac{q}{Q}; \quad (1.3)$$

де $q = 4,55$ кг – маса деталі;

$Q = 16,97$ кг – маса заготовки.

$$K_{BM} = \frac{4,55}{16,97} = 0,27$$

Призначимо розміри заготовки отриманої КГШП (рисунок 1.5) (1, табл. 1.2 стор. 11). На рисунку 1.6 показано розрахунок масо-центруючих характеристик тривимірної моделі заготовки.

$$C_2 = \frac{26000}{1000} \times 12,67 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (12,67 - 4,55) \times \frac{1400}{1000} = 383,93 \text{ грн}$$

де $K_B=1$, [1, табл.1.6, с.14]; $K_M=2,5$, [1, табл.1.7, с.14]; $K_P=0,5$ [1, табл.1.10, с.15];
 $K_T=1$, [1, табл.1.6, с.14]; $C_6=26000$ грн/т; $q=4,55$ кг; $Q=12,67$ кг; $S_{\text{відх}}=1400$ грн/т.

Визначимо параметр використання матеріалу за формулою (1.3):

$$K_{BM} = \frac{4,55}{12,67} = 0,36$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-му варіанті $C_1=491,71$ грн; в 2-му варіанті $C_2= 383,93$ грн; $C_1 > C_2$; $K_{BM1} < K_{BM2}$. Данні розрахунків наведені в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Штамповка на молотах	КГШП
Маса деталі	q	кг	4,55	4,55
Маса заготовки	Q	кг	16,97	12,67
Параметр використання матеріалу	η	–	0,27	0,36
Базова ціна 1т заготовок	B_6	Грн.	25000	26000
Параметри	K_B		1	1
	K_M		2.4	2.5
	K_P		1	1
	K_T		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	$B_{\text{отх.}}$	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	491,71	383,93

За значенням параметра використання матеріалу та собівартістю переважає КГШП. Він забезпечує річну економію за собівартістю, яку визначаємо за формулою (1.4):

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (1.4)$$

де N – річна програма виготовлення заготовок

$$\mathcal{E} = (491,71 - 383,93) \cdot 10000 = 1077800 \text{ грн.}$$

Річна економія за використанням матеріалу визначається за формулою (1.5):

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{q \cdot (\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{4,55 \cdot (0.36 - 0.27)}{0.36 \cdot 0.27} \cdot 10000 = 42129,62 \text{ кг.}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Матеріал задовільно обробляється різанням. Деталь складної форми, тіло обертання. Не жорстка - тонкостінна, є наскрізний отвір.

На першому етапі аналізу необхідно провести оцінку якісних показників. В результаті маємо деталь колесо відцентрове: має складнопрофільну геометричну форму; велика її частина є нежорсткою; має нормальну точність геометричних розмірів; має малу кількість уніфікованих елементів; для деяких поверхонь

необхідно використання спеціального інструменті, н е всі поверхні доступні для обробки.

На наступному етапі проводимо кількісну оцінку.

Параметр використання деталі визначено раніше:

$$K_{BM} = 0,36 < 0,8$$

По цьому показнику деталь не технологічна.

Параметр уніфікації визначається за формулою (1.7):

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э} > 0,6, \quad (1.7)$$

де $Q_{y.э.}$, $Q_э$ – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{19}{24} = 0,79 > 0,6$$

За цим показником деталь технологічна.

Параметр точності визначається за формулою (1.8):

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{A_{cp}} > 0,8 \quad (1.8)$$

де A_{cp} – середній квалітет точності.

Визначається за формулою (1.9):

$$A_{cp} = \frac{14 \times n_1 + 13 \times n_2 + \dots + 6 \times n_n}{\Sigma n}, \quad (1.9)$$

де $n_{l...n}$ – кількість розмірів, котрі мають відповідний квалітет;

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

$$A_{cp} = \frac{14 \times 18 + 10 \times 3 + 8 \times 1 + 6 \times 3}{24} = 12,8$$

$$K_{то} = 1 - \frac{1}{12,8} = 0,92 > 0,8$$

За цим показником деталь технологічна.

Параметр шорсткості визначається за формулою (1.10):

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} < 0,32, \quad (1.10)$$

де B_{cp} – середній квалітет шорсткості.

Визначається за формулою (1.11):

$$B_{cp} = \frac{K_5 \times n_1 + K_4 \times n_2 + \dots + K_8 \times n_n}{\sum n}, \quad (1.11)$$

де $K_{5...8}$ - клас шорсткості;

$n_1 \dots n_n$ - кількість розмірів, котрі мають відповідний клас шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{5 \times 18 + 7 \times 2 + 8 \times 4}{24} = 5,33$$

$$K_{ш} = \frac{1}{5,33} = 0,19 < 0,32$$

За цим показником деталь технологічна.

Оскільки за показником використання матеріалу деталь є не технологічною, то і загальний висновок робимо, що вона не технологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Для поверхні Ø70,5h6 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_z = 1,9$ мм, шорсткість деталі $R_a = 3,2$ мкм, допуск $Td = 0,019$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулою (1.12), (1.13):

$$\varepsilon_d = \frac{Td_z}{Td_\partial} \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,019} = 100$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_z}{Ra_\partial} \quad (1.13)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{3,2} = 7,81$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.14):

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d \quad (1.14)$$

$$k = 2 \cdot \lg 100 = 4$$

Приймаємо $k = 4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT=IT16-IT6=10=3+3+2+2$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT16-IT13-IT10-IT8-IT6$

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – точіння чорнове – точіння напівчистове – точіння чистове – шліфування чорнове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл. 1.4.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.12), (1.13):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,9}{0,81} = 2,34$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні $\varnothing 43,5H6$ шорсткість заготовки $R_a=25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,9$ мм, шорсткість деталі $R_a=0,4$ мкм, допуск $Td = 0,016$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.12), (1.13):

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,016} = 118,75$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{0,4} = 62,5$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.14):

$$k = 2 \cdot \lg 118,75 = 4,15$$

Приймаємо $k = 5$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT=IT16-IT6=10=3+3+2+1+1$

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT10-IT8-IT7- IT6. Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – розточування чорнове – розточування напівчистове – розточування чистове – шліфування чорнове – шліфування чистове.

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл. 1.4. Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.12), (1.13):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,9}{0,62} = 3,01$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Маршрут обробки поверхонь деталі «Відцентрове колесо»

Характер та показники точності та якості поверхонь в деталі та заготівці	Показник	Уточнення	Кількість переходів k		Різниця показників ППТК	МОП		Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте		i	Метод обробки	Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
	J	ε _{jo}	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ø70,5h6 R _a =25 мкм, Td ₃ = 1,9мм, R _a =3,2мкм, Td = 0,019мм	d	100	4	4	IT=IT16-IT6=10=3+3+2+2	1	Заготовка	1,9	25	-	-
						2	Т/о	-	-	-	-
						3	Точ. чорн.	0,81	12,5	2,35	2
	Ra	7,81			Δ кл= 5кл –2кл = 3 кл = 2кл- 3кл - 4кл - 5кл Ra25> Ra12,5> Ra6,3> Ra3,2> Ra3,2	4	Точ. Напівчист.	0,34	6,3	2,38	1,98
						5	Точ. Чист.	0,08	3,2	4,25	1,97
						6	Шліф. Чорн	0,019	3,2	4,21	1
	Σε _i =									100	7,81
Ø43,5H6 R _a =25 мкм, Td ₃ = 1,9мм, R _a =0,4мкм, Td = 0,016мм.	d	118,75	4,15	5	IT=IT16-IT6=10=3+3+2+1+1	1	Заготовка	1,9	25	-	-
	Ra	62,5				2	Т/о	-	-	-	-
						3	Розточ. черн.	0,62	12,5	3,1	2
					4	Розточоч. Напівчист.	0,24	6,3	2,58	1,98	
					5	Розточ. Чист.	0,1	3,2	2,4	1,97	
	6	Шлиф. Чорн			0,027	1,25	3,7	2,56			
	7	Шлиф. Чист			0,016	0,4	1,69	3,12			
	Σε _i =									118,75	62,5

1.4.3 План виготовлення деталі.

План виготовлення деталі перш за все базується на попередньо розробленому маршруті обробки поверхонь. Далі проводиться групування операцій обробки за її типами. До чорнової обробки належить чорнові операції токарної, свердлильної та фрезерної обробки. Найбільшої уваги заслуговує п'ятикоординатна обробка як одна з найбільш відповідальних. На прикінці технологічного процесу розташовано шліфувальні операції та операції фінішної обробки. До яких належить ультразвукове зміцнення.

Маршрут виготовлення деталі відцентрове колесо показано на кресленні НУЗП 716003.015.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 70,5h6(-0,019)$

Для заготовки нормативні значення $Rz=100$ мкм и $h=140$ мкм приймаємо в залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{см}$ та короблення $\rho_{кор}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво): $\rho_{см}=450$ мкм, $\rho_{кор}= \Delta_k \times l = 3 \times 72,22 = 216$ мкм = 0,216 мм.

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (1.18):

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{\text{см}}^2 + \rho_{\text{кор}}^2} \quad (1.18)$$

$$\rho_1 = \sqrt{450^2 + 216^2} = 499,15 \text{ мкм} = 0,500 \text{ мм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz, h: Rz₂=50 мкм, h₂=50 мкм, ρ₂=k_y×ρ₁=0.06×500=30 мкм=0,03 мм, k=0,06 – параметр уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою (1.19):

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} = 0,25 \sqrt{2,6^2 + 1} = 0,696 \text{ мм} = 696 \text{ мкм} \quad (1.19)$$

де Td_{заг}=2,6 мм – допуск бази заготовки.

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz, h, приймаємо: Rz₃=25 мкм, h₃=25 мкм, ρ₃= 1,5 мкм, ε₃=41,76 мкм.

Для точіння чистового нормативні значення Rz, h, приймаємо: Rz₄=10 мкм, h₄=10 мкм, ρ₄= 0 мкм, ε₃=2,1 мкм.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz, h, приймаємо: Rz₃=5 мкм, h₃=5 мкм, ρ₃= 0 мкм, ε₃=0 мкм.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\text{min}} = 2[50 + 50 + \sqrt{(500^2 + 696^2)}] = 1914 \text{ мкм} = 1,914 \text{ мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\text{min}} = 2[25 + 25 + \sqrt{(30^2 + 41,76^2)}] = 202,84 \text{ мкм} = 0,203 \text{ мм}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,5^2 + 2,1^2)}] = 45,16 \text{ мкм} = 0,045 \text{ мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{4\min} = 2[5 + 5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 20 \text{ мкм} = 0,02 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.20):

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{ном}} + \text{eid}_5 = 70 + (-0,019) = 69,981 \text{ мм} \quad (1.20)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі (1.21):

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.21)$$

$$d_4^{\min} = 69,981 + 0,02 = 70,001 \text{ мм};$$

$$d_3^{\min} = 70,001 + 0,045 = 70,046 \text{ мм};$$

$$d_2^{\min} = 70,046 + 0,203 = 70,249 \text{ мм};$$

$$d_1^{\min} = 70,249 + 1,914 = 72,163 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.22):

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.22)$$

$$d_5^{\max} = 69,981 + 0,019 = 70 \text{ мм};$$

$$d_4^{\max} = 70,001 + 0,08 = 70,081 \text{ мм};$$

$$d_3^{\max} = 70,046 + 0,34 = 70,386 \text{ мм};$$

$$d_2^{\max} = 70,249 + 0,81 = 71,059 \text{ мм};$$

$$d_1^{\max} = 72,163 + 1,9 = 74,063 \text{ мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.23):

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.23)$$

$$2z_2^{\max} = 74,063 - 71,059 = 3,004 \text{ мм};$$

$$2z_3^{\max} = 71,059 - 70,386 = 0,673 \text{ мм};$$

$$2z_4^{\max} = 70,386 - 70,081 = 0,305 \text{ мм};$$

$$2z_5^{\max} = 70,081 - 70 = 0,081 \text{ мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність (1.24):

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \quad (1.24)$$

$$4082 - 2163 = 1900 + 19$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою (1.25):

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{мін}} + ei_1 \quad (1.25)$$

$$d_{1\text{ном}} = 72,163 + 0,6 = 72,76 \text{ мм}$$

Виконавчий розмір заготовки буде рівнятися: $\varnothing 72,76_{-0,6}^{+1,3}$ виконавчі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «валу», за номінальне значення розміру приймаємо максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню $\varnothing 43,5\text{H}6$ виконується методом розмірних ланцюгів.

Для заготовки нормативні значення $Rz=100$ мкм и $h=140$ мкм приймаємо у залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень зміщення $\rho_{\text{см}}$ та короблення поверхні $\rho_{\text{кор}}$. По [3, табл. 18, с.187] для групи точністю 3 (крупносерійне виробництво): $\rho_{\text{см}}=0,235$ мм. По [3, табл. 16, с.186] – $\Delta_k=2,4$ мкм/мм, тоді $\rho_{\text{кор}} = \Delta_k \times l = 2,4 \times 66 = 158,4$ мкм $= 0,158$ мм.

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (1.18):

$$\rho_1 = \sqrt{235^2 + 158^2} = 283,2 \text{ мкм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для розточування чорнового нормативні значення Rz , h , приймаємо за [3, табл. 25, с.188]: $Rz_2=50$ мкм, $h_2=50$ мкм, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0,06 \times 283 = 16,98$ мкм $= 0,017$ мм, $k=0,06$ – параметр уточнення приймаємо по [3, табл. 29, с.190].

Похибку установки заготовки в кондукторі визначаємо у довідковій літературі: $\varepsilon_2 = 763$ мкм.

Для розточування напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаємо за [3, табл. 25, с.188]: $Rz_3=25$ мкм, $h_3=25$ мкм, $\rho_3= 0,84$ мкм, $\varepsilon_3=45,78$ мкм.

Для розточування чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо за [3, табл. 25, с.188]: $Rz_4=12,5$ мкм, $h_4=12,5$ мкм, $\rho_4= 0$ мкм, $\varepsilon_4=2,289$ мкм.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz , h , приймаємо за [3, табл. 25, с.188]: $Rz_5=5$ мкм, $h_5=5$ мкм, $\rho_5= 0$ мкм, $\varepsilon_5=0$ мкм.

Для шліфування чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо за [3, табл. 25, с.188]: $Rz_5=2,5$ мкм, $h_5=2,5$ мкм, $\rho_5= 0$ мкм, $\varepsilon_5=0$ мкм.

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки.

Для розточування чорнового:

$$2Z_{3min} = 2 \left[100 + 140 + \sqrt{(283^2 + 763^2)} \right] = 2107 \text{ мкм} = 2,107 \text{ мм}$$

Для розточування напівчистового:

$$2Z_{4min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{(16,98^2 + 45,78^2)} \right] = 297,65 \text{ мкм} = 0,297 \text{ мм}$$

Для розточування чистового:

$$2Z_{5min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{(0,84^2 + 2,289^2)} \right] = 104,88 \text{ мкм} = 0,105 \text{ мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{6min} = 2[12,5 + 12,5] = 50 \text{ мкм} = 0,05 \text{ мм}$$

Для шліфування чистового:

$$2Z_{7min} = 2[5,5 + 5,5] = 22 \text{ мкм} = 0,022 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки (1.26):

$$\begin{aligned} d_7^{min} &= d_7^{\text{ном}} + eid_7 \\ d_7^{min} &= 43,5 + 0 = 43,5 \text{ мм} \end{aligned} \tag{1.26}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.27):

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} - 2_{i+1}^{min} - Td_i \quad (1.27)$$

$$d_6^{min} = 43,5 - 0,022 - 0,027 = 43,451 \text{ мм};$$

$$d_5^{min} = 43,451 - 0,05 - 0,1 = 43,301 \text{ мм};$$

$$d_4^{min} = 43,301 - 0,105 - 0,24 = 42,956 \text{ мм};$$

$$d_3^{min} = 42,956 - 0,297 - 0,62 = 42,039 \text{ мм};$$

$$d_1^{min} = 42,039 - 2,107 - 1,9 = 38,032 \text{ мм};$$

Визначаємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою (1.28):

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i \quad (1.28)$$

$$d_1^{max} = 38,032 + 1,9 = 39,932 \text{ мм};$$

$$d_3^{max} = 42,039 + 0,62 = 42,659 \text{ мм};$$

$$d_4^{max} = 42,956 + 0,24 = 43,196 \text{ мм};$$

$$d_5^{max} = 43,301 + 0,1 = 43,401 \text{ мм};$$

$$d_6^{max} = 43,451 + 0,027 = 43,478 \text{ мм};$$

$$d_7^{max} = 43,5 + 0,016 = 43,516 \text{ мм};$$

Розрахуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.29):

$$2Z_{imax} = d_i^{max} - d_{i-1}^{min} \quad (1.29)$$

$$2Z_{min3} = 42,659 - 38,032 = 4,627 \text{ мм};$$

$$2Z_{min4} = 43,196 - 42,039 = 1,157 \text{ мм};$$

$$2Z_{min5} = 43,401 - 42,956 = 0,445 \text{ мм};$$

$$2Z_{min6} = 43,478 - 43,301 = 0,177 \text{ мм};$$

$$2Z_{min7} = 43,516 - 43,451 = 0,065 \text{ мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи формулу (1.30):

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.30)$$

$$5,484 - 3,568 = 1,9 + 0,016$$

Виконавчий розмір заготовки буде рівнятися: $\varnothing 38,6_{-1,3}^{+0,6}$ виконавчі розміри за наступними переходами механічної обробки будуємо в системі «отвору», за номінальний розмір приймаємо мінімальне значення розміру поверхні плюс допуск на обробку як верхнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку,		Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				Мкм		
											2Z _{max}	2Z _{min}	
Ø70,5H6	Заготовка	100	140	500	-	-	72,163	1,9	74,063	72,163	-	-	Ø72,76 ^{+1,3} _{-0,6}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	30	696	1914	70,249	0,81	71,059	70,249	3004	1914	Ø71,06 _{-0,81}
	Точ. напів/чист	25	25	1,5	41,76	203	70,046	0,34	70,386	70,046	673	203	Ø70,39 _{-0,34}
	Точ. чист	10	10	0	2,1	45	70,001	0,08	70,081	70,001	305	45	Ø70,08 _{-0,08}
	Шліф. Чорн.	5	5	0	0	20	69,981	0,019	70	69,981	81	20	Ø70 _{-0,019}
Ø43,5H6	Заготовка					-	38,032	1,9	39,932	38,032	-	-	Ø38,6 ^{+0,6} _{-1,3}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Розточ.чорн.					2107	42,039	0,62	42,659	42,039	4627	2107	Ø42,04 ^{+0,62}
	Розточ. п/чист					297	42,956	0,24	43,196	42,956	1157	297	Ø42,96 ^{+0,24}
	Розточ. чист					105	43,301	0,1	43,401	43,301	445	105	Ø43,3 ^{+0,1}
	Шлиф. чорн.					50	43,451	0,027	43,478	43,451	177	50	Ø43,45 ^{+0,027}
	Шлиф. чист.					22	43,5	0,016	43,516	43,5	65	22	Ø43,5 ^{+0,016}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – титановий сплав BT25У

Операція 015 Токарна з ЧПК

$\sqrt{Ra\ 12,5}$

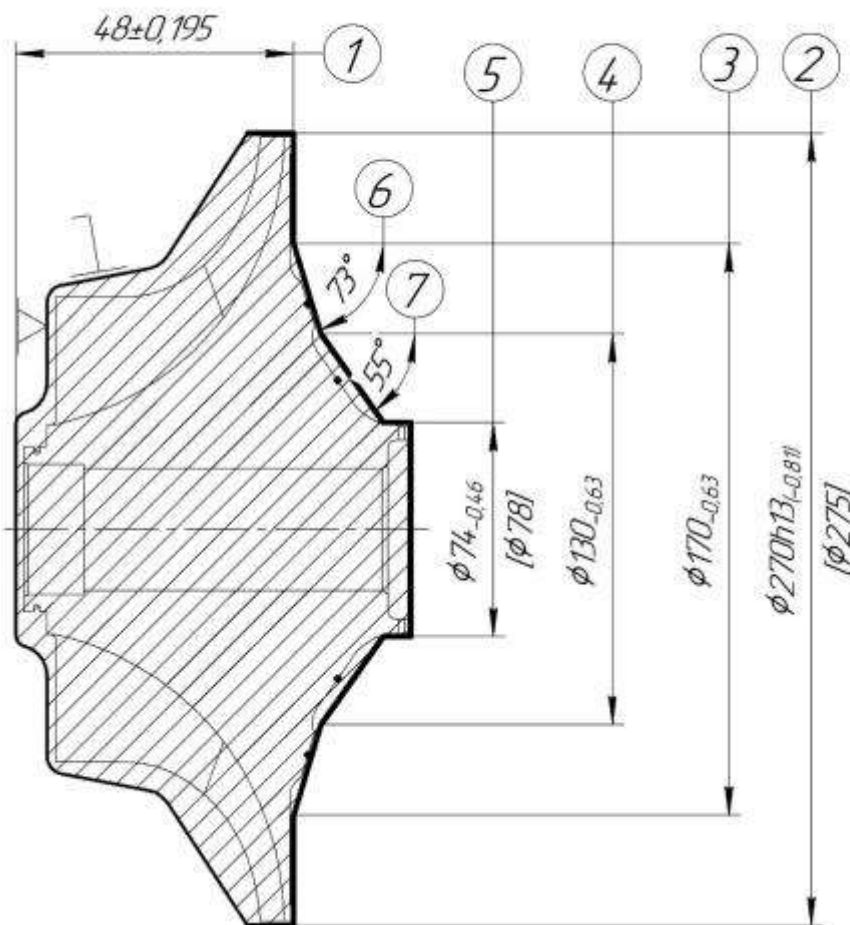


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз операції №015 Токарна з ЧПУ

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ СТХ400. Заготовка затискається в патроні.

Точити поверхні 1,2,3,4,5,6,7

Інструмент – різець контурний з пластиною з твердого сплаву Т5К10

Глибина різання $t_1=2,0$ мм

Подача визначається за формулою (1.31):

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.31)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{\Pi}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{\mathcal{K}}} \times K_{S_M} \quad (1.32)$$

де $S_{o_T} = 0,1$ мм/об (3, т.26, стр. 237);

$K_{S_{\Pi}}$ – параметр, що враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{S_{\Pi}}=1,0$;

$K_{S_{\Pi}}$ – параметр, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{\Pi}}=1,0$;

$K_{S_{\phi}}$ – параметр, що враховує форму оброблюваної поверхні, $K_{S_{\phi}}=0,7$;

K_{S_3} – параметр, що враховує вплив загартування, $K_{S_3}=0,8$;

$K_{S_{\mathcal{K}}}$ – параметр, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{\mathcal{K}}}=0,83$;

K_{S_M} – параметр, що враховує матеріал оброблюваної поверхні, $K_{S_M}=1,0$.

$$K_{S_o} = 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 0,8 \times 0,83 \times 1,0 = 0,46$$

$$S_o = 0,1 \times 0,46 = 0,046 \approx 0,05 \text{ мм/об}$$

Визначаємо швидкість різання за формулами (1.33), (1.34):

$$V = V_T \times K_V \quad (1.33)$$

$$K_V = K_{V_M} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_{\phi}} \times K_{V_T} \times K_{V_{\mathcal{K}}} \times K_{V_{\Pi}} \times K_{V_O} \quad (1.34)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=72$ м/хв, (3, т.36, стр. 243);

K_V – узагальнений швидкісний параметр;

K_{V_M} – параметр оброблюваного матеріалу, $K_{V_M}=0,8$;

$K_{V_{\Pi}}$ – параметр, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{V_{\Pi}}=1,0$;

$K_{V_{\phi}}$ – параметр, що враховує вплив головного куту в плані, $K_{V_{\phi}}=1,0$;

K_{V_T} – параметр, що враховує вид обробки, $K_{V_T}=0,85$;

$K_{VЖ}$ – параметр, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{VЖ}=0,82$;

$K_{VП}$ – параметр, що враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{VП}=1,0$;

K_{VO} – параметр, що враховує вплив ЗОР, $K_{VO}=1,0$.

$$k_v=0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,85 \times 0,82 \times 1,0 \times 1,0=0,56$$

$$V = 72 \times 0,56 = 40,32 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю за формулою (1.35):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}, \quad (1.35)$$

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 40,32}{3,14 \times 270} = 47,56 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=50 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання:

$$V_d = \frac{3,14 \times 50 \times 270}{1000} = 42,39 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання за формулою (1.37):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.37)$$

де, C_p – параметр, що враховує умови обробки. $C_p=204$ (2, табл.22, стр.273)

x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки.

$n=0$; $x=1,0$; $y=0,75$; (2, т.22, стр.273)

k_p – поправочний параметр, що враховує фактичні умови різання визначається за формулою (1.38):

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{qv} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.38)$$

де, k_{mp} - поправочний параметр, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу

$$k_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,31$$

$k_{\phi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$ - поправочні параметри, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструменту $k_{\phi p}=1,08$, $k_{\gamma p}=1,15$, $k_{\lambda p}=1,0$, $k_{rp}=0.93$, (2, табл. 23, стр.275)

$$k_p = 1,31 \times 1,08 \times 1,15 \times 1,0 \times 0,93 = 1,51$$

$$P_z = 10 \times 404 \times 2,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 42,39^0 \times 1,51 = 1084 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.39):

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.39)$$

де, P_z - сила різання, Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{1084 \times 42,39}{1020 \times 60} = 0,75 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата:

$$N_2 = 0,75 \text{ кВт} \leq N_{CT} = N_{дв} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машинний час за формулою (1.40):

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.40)$$

де, l - довжина оброблюваного поверхні, $l=152$ мм

y - величина врізання, мм $y=3$ мм;

Δ - величина перебігу інструменту, $\Delta=3$ мм

$$T_0 = \frac{152 + 3 + 3}{50 \times 0,05} = 63,5 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (035)

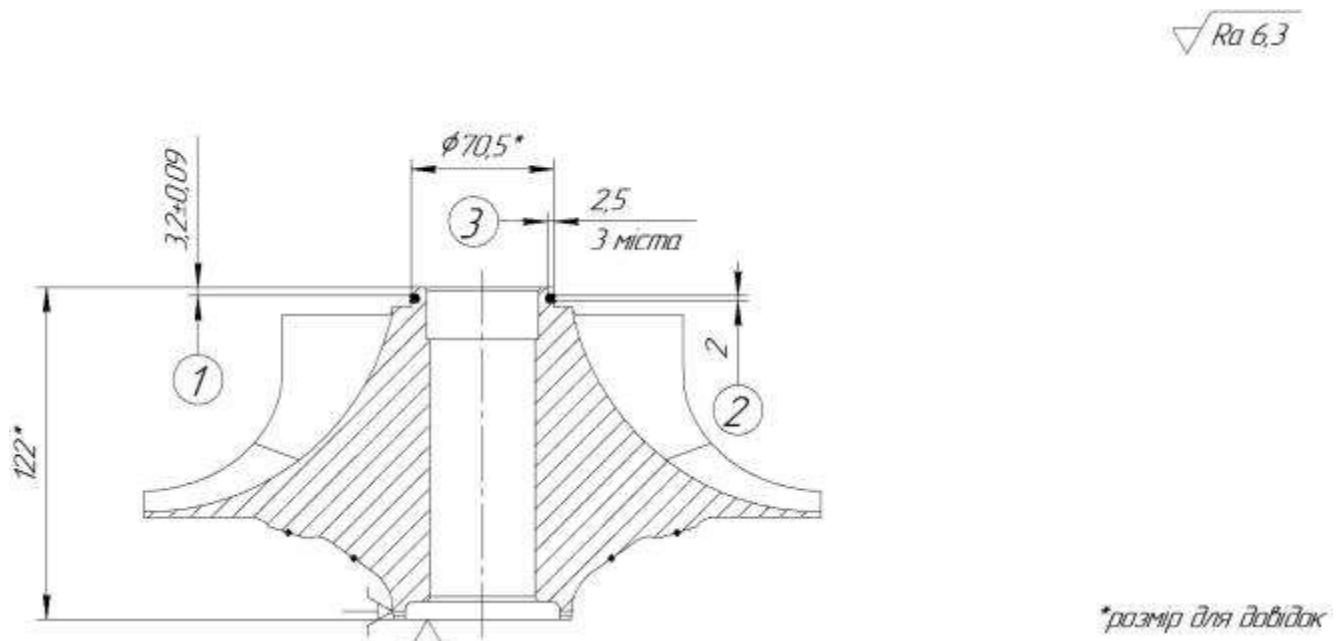


Рисунок 1.8 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза Т-образна 2252-0401 ГОСТ 7063-72

Визначаємо подачу по формулі (1.41):

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.41)$$

де $S_Z=0,055$ мм/зуб – табличне значення подачі;

K_{so} – параметр, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи визначається за формулою (1.42):

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.42)$$

де K_{SZH} – параметр, що враховує матеріал інструменту, $K_{SZH} = 1$;

$K_{SZ\phi}$ – параметр, що враховує вид оброблюваної поверхні, $K_{SZ\phi} = 1$;

K_{SZR} – параметр, що враховує клас чистоти, $K_{SZR} = 0,5$;

$$S_Z = 0,055 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,0275 \text{ мм/зуб}$$

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.43):

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.43)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання

K_V – параметр, що враховує ряд конкретних умов обробки визначаємо за формулою (1.44):

$$K_V = K_{VM} \cdot K_{VH} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VH} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{VB} \quad (1.44)$$

де K_{VM} – параметр, що враховує оброблюваність матеріалу;

K_{VH} – параметр, що враховує стан поверхні;

K_{Vo} – параметр, що враховує умови обробки;

$K_{V\phi}$ – параметр, що враховує вид обробки;

K_{VH} – параметр, що враховує матеріал інструменту;

K_{VB} – параметр, що враховує ширину фрезерування

$$V_m = 8,3 \text{ м/хв}$$

$$K_{VM}=0,81; K_{Vn} = 1; K_{Vo} = 1; K_{V\Phi} = 1; K_{Vi} = 1; K_{VB} = 1.$$

$$V=8,3 \cdot 0,81 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 6,72 \text{ м/хв}$$

Обертання шпинделю визначаємо за формулою (1.45):

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D} \quad (1.45)$$

$$n = \frac{1000 \times 6,72}{3,14 \times 30} = 71,3 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=70$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \times 30 \times 70}{1000} = 6,59 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі (1.46):

$$S_{\text{мин}} = S_z \times z \times n_d, \text{ мм/хв} \quad (1.46)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,0275 \times 4 \times 70 = 7,7 \text{ мм/хв}$$

Згідно з довідником [6, стор.522, карті 5] залежно від модуля і подачі, потрібна на різання потужність $N_H=0,8$ кВт.

Потужність визначаємо за формулою (1.47):

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.47)$$

де $K_M=1$ – поправочний параметр, залежний від оброблюваного матеріалу;

$K_w=1,64$ – поправочний параметр, залежний від кількості осьових переміщень;

$K_k=1,1$ – поправочний параметр, залежний від кількості заходів фрези;

$K_\beta=1$ – поправочний параметр, залежний від кута нахилу зубів коліс;

$$N_{\text{рез}} = 1,44 \text{ кВт} < N_{\text{ст}} = 7 \text{ кВт}.$$

Ефективна потужність, потрібна на різання, нижче потужності електродвигуна, що задовольняє умовам різання.

Визначаємо машинний час за формулою (1.48):

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o \cdot Z} \quad (1.48)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=10$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм;

Z – число зубів фрези, $z=4$.

$$T_o = \frac{10 + 3 + 3}{50 \times 0,0275 \times 4} \times 3 = 8,73 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (55)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

5 300×40×76 25A F60 CM1 K 35м/с 1 ГОСТ 2424-88

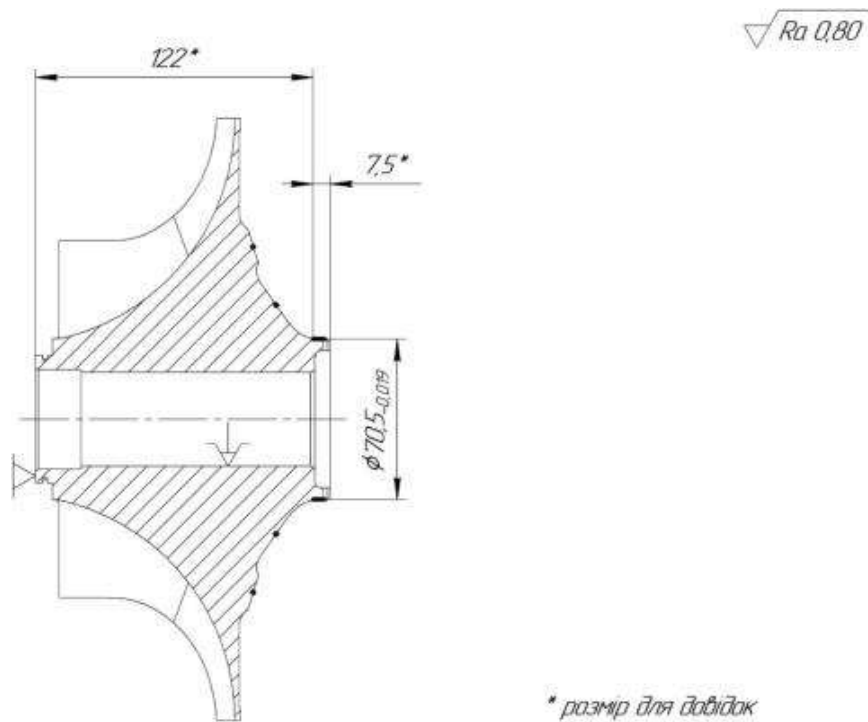


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 55.

Глибина шліфування $t = 0,03$ мм, [4, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$ виконуємо за формулою (1.49):

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D \times n_{кр}}{1000 \times 60} \quad (1.49)$$

де $n_{кр}$ - число обертів шпинделя шліфувального круга, $n_{кр} = 1590$ об/хв;

D - діаметр круга, $D = 300$ мм.

$$V_{кр} = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 1590}{1000 \cdot 60} = 25 \text{ м/с} \leq 35 \text{ м/с}$$

Оброблюваний діаметр $D_d = 70,5$ мм.

Швидкість деталі $V_d = 48-68$ м/хв [4, табл.161, стор.343], приймаємо $V_d = 48$ м/хв.

Частота обертання деталі n_d :

$$n = \frac{1000 \times 48}{3,14 \times 70,5} = 216,8 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d=220$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 70,5 \times 220}{1000} = 48,7 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об виконується за формулою (1.50):

$$S_{t1} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.50)$$

де S_t – таблична радіальна подача круга, $S_t=0,007$ мм/об [4,табл.163стор.346];

K_m – параметр, що враховує оброблюваний матеріал, $K_m = 0,38$;

K_D - параметр, що враховує діаметр круга, $K_D = 0,5$;

K_{V_k} - параметр, що враховує швидкість круга, $K_{V_k} = 1$;

K_t - параметр, що враховує стійкість круга, $K_t = 0,72$;

K_{IT} - параметр, що враховує точність обробки, $K_{IT} = 0,5$;

K_h - параметр, що враховує припуск на обробку, $K_h = 1$.

$$S_{t1} = 0,007 \times 0,38 \times 0,5 \times 1 \times 0,72 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 \text{ мм/об},$$

Приймаємо радіальне подання $S_{t1}=0,001$ мм/об

Визначення радіальної хвилинної подачі S_{tm} мм/хв:

$$S_{tm} = S_{t1} \cdot n_d = 0,001 \cdot 780 = 0,78 \text{ мм/хв}.$$

Визначення потужності різання N відбувається за формулою (1.51):

$$N = \frac{N_{10} \times L_{акт}}{10} \quad (1.51)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10}=0,43$, [5, к.8, стор.631],

$L_{акт}$ - довжина активної поверхні круга, оскільки $l_d < B_k$ то $L_{акт} = l_d = 7,5$ мм.

$$N = \frac{0,43 \cdot 7,5}{10} = 0,18 \text{ кВт}$$

Визначення основного(технологічного) часу відбувається за формулою (1.52):

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.52)$$

де τ_2 - час сталого процесу, $\tau_2 = 0,19$, [5,к.12,стор.636],

τ_3 – час зачистки, $\tau_3 = 0,132$, [5,к.12,стор.637],

K – параметр, залежний від форми поверхні, $K=1$.

$$t_o = (0,19 + 0,132) \cdot 1 = 0,32 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції		t, мм	S _о , мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	T _о , хв
1	2		3	4	5	6	7
015	Токарна з ЧПК		2	0,05	42,39	50	63,5
020	Токарна з ЧПК	1	1,2	0,05	63,2	80	54,3
		2	1,2	0,05	63,2	80	

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8
025	Токарна з ЧПК	1	0,5	0,05	75,2	100	25,7
		2	0,5	0,05	75,2	100	
		3	1,5	0,05	38,4	300	
030	Токарна з ЧПК	1	0,5	0,05	75,2	100	21,3
		2	0,5	0,05	75,2	100	
		3	1,5	0,05	38,4	300	
035	Фрезерна з ЧПК	2,5		0,0275мм/зуб	6,59	70	8,73
040	Зубошліфувальна	4,251		0,001	25м/с	1590/220	30,72
045	Фрезерна з ЧПК	-		0,0125мм/зуб	11,77	750	178,54
050	Шліфувальна з ЧПК	0,05		0,001	25м/с	1000	1,54
055	Шліфувальна	0,03		0,0005	25м/с	1590/220	0,32

1.7 Розрахунок технічної норми часу

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається за формулами (1.53), (1.54):

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.53)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.54)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

$t_{нз}$ - підготовчо-завершальний час, хв;

n - кількість деталей в партії, $n=40$ шт;

t_o - сумарний час на операцію, хв;

$t_{всп}$ - допоміжний час, хв;

$t_{обс}$ – час обслуговування робочого місця, хв;

$t_{п}$ – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (015)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 63,5$ хв

Допоміжний час визначається за формулою (1.55):

$$t_{всп.} = t_{в.у} + t_{м.в.} \quad (1.55)$$

де $t_{в.у.} = 0,1$ хв – час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском (5, к.51, стор.138);

$t_{м.в.} = 0,19$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, таблиця.12, стор.605)

$$t_{всп.} = 0,1 + 0,19 = 0,29 \text{ хв}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата та визначається за формулою (1.56):

$$t_{н.у.} = t_o. + t_{м.в.} \quad (1.56)$$

$$t_{н.у.} = 63,5 + 0,29 = 63,79 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначається за формулою (1.57):

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{н.у.} \quad (1.57)$$

$$t_{обс} = 0,1 \cdot 63,79 = 6,38 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.58):

$$t_n = 10\% \cdot t_{n,y}. \quad (1.58)$$

$$t_n = 0,1 \cdot 63,79 = 6,38 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 63,79 + 6,38 + 6,38 = 76,55 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604) за формулою (1.59):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.59)$$

де $T_{n-31} = 12$ хв – час на витрати по обслуговуванню верстата (6, стор.604)

$T_{n-32} = 6$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, таблиця.12, стор.606)

$$T_{n-3} = 12 + 6 = 18 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв визначається за формулою (1.53):

$$t_{um.-к.} = \frac{18}{40} + 76,55 = 77 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на фрезерну операцію (35)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 8,73$ хв

Допоміжний час:

$t_{e,y.} = 0,15$ хв – час на установку і зняття деталі (5, к.44, стор.288);

$t_{м.в.} = 0,16$ хв – час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні (6, табл.12, стор.605)

$$t_{ecn} = 0,16 + 0,15 = 0,31 \text{ хв.}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у}$ дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата визначається за формулою (1.63):

$$t_{n.y.} = 8,73 + 0,31 = 9,04 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначається за формулою (1.60):

$$\begin{aligned} t_{обс} &= 8\% \times t_{n.y.} \\ t_{обс} &= 0,08 \times 9,04 = 0,72 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.60)$$

Час на відпочинок і природні потреби визначається за формулою (1.61):

$$\begin{aligned} t_n &= 8\% \times t_{n.y.} \\ t_n &= 0,08 \times 9,04 = 0,72 \text{ хв.} \end{aligned} \quad (1.61)$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 9,04 + 0,72 + 0,72 = 10,48 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію (6, стор.604) за формулою (1.62):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.62)$$

де $T_{п-31} = 12$ хв – час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ (6, стор.604)

$T_{п-32} = 7$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи (6, табл.12, стор.606),

$$T_{n-3} = 12 + 7 = 19 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{19}{40} + 10,48 = 10,96 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на круглошліфовальну операцію (55)

Основний час на операцію $t_o = 0,32$ хв

Допоміжний час:

$t_{уст} = t_{сн} = 0,1$ хв – установка на розтискну оправку з пневмозатиском (5, к.16, стор.640)

$t_{пер} = 1,09$ хв – час, пов'язаний з переходами при шліфуванні на круглошлифовальних верстатах (5, к.17-18, стор.641-643)

t_{mex} – час технічного обслуговування робочого місця визначається за формулою (1.63):

$$t_{mex} = \frac{t_{np} \times t_o \times 1,1}{T} \quad (1.63)$$

$$t_{mex} = \frac{1,3 \times 0,32 \times 1,1}{7} = 0,06 \text{ хв}$$

де - $T=7$ – стійкість круга,

$t_{np} = 1,3$ хв – час правки круга (5, к.19, стор.644)

$$t_{сн} = 0,1 + 1,09 + 0,06 = 1,25 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час:

$$t_{он.} = 0,32 + 1,25 = 1,57 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначається за формулою (1.64):

$$t_{обс} = 0,015 \times t_{он.} \quad (1.64)$$

$$t_{обс} = 0,015 \times 1,57 = 0,024 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби за формулою (1.65):

$$t_{омд} = 0,04 \times t_{он.} \quad (1.65)$$

$$t_{омд} = 0,04 \times 1,57 = 0,063 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{ум.} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [5, к.20, стор.646]:

$$t_{нз} = 12 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{ум.-к.} = \frac{12}{40} + 1,66 = 1,96 \text{ хв}$$

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_o	t_d	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	t_p	$t_{п-з}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	63,5	0,29	63,79	6,38	6,38	18	77
020	Токарна з ЧПК	54,3	0,42	54,72	4,38	4,38	21	64,01
025	Токарна з ЧПК	25,7	1,57	27,27	2,18	2,18	25	32,25
030	Токарна з ЧПК	21,3	2,63	23,93	1,91	1,91	20	28,25
035	Фрезерна з ЧПК	8,73	0,31	9,04	0,72	0,72	19	10,96
040	Зубошліфувальна	30,72	1,45	32,17	2,57	2,57	19	37,78
045	Фрезерна з ЧПК	178,54	12,3	190,84	15,27	15,27	18	221,8
050	Шліфувальна з ЧПК	1,54	2,05	3,59	0,29	0,29	26	4,82
055	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,063	12	1,96

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має САМ-модуль

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплаву T5K10

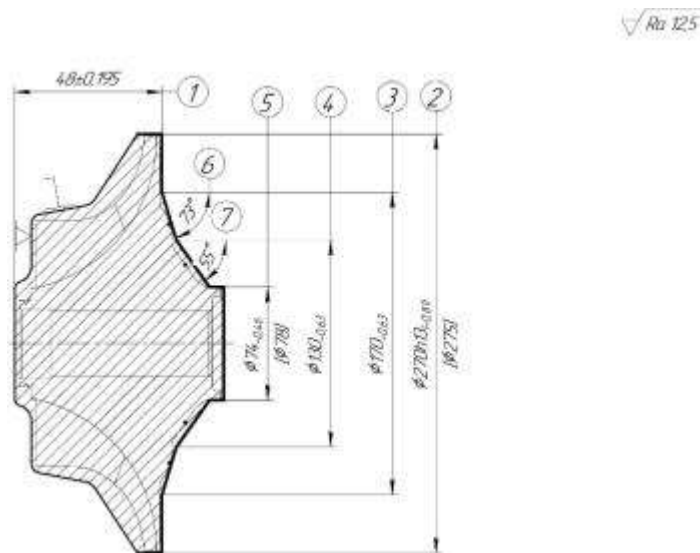


Рисунок 1.10 – Ескіз операції №015 Токарна з ЧПУ

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.



Рисунок 1.11 – Тривимірна модель операційного ескізу операції №015 Токарна з ЧПК

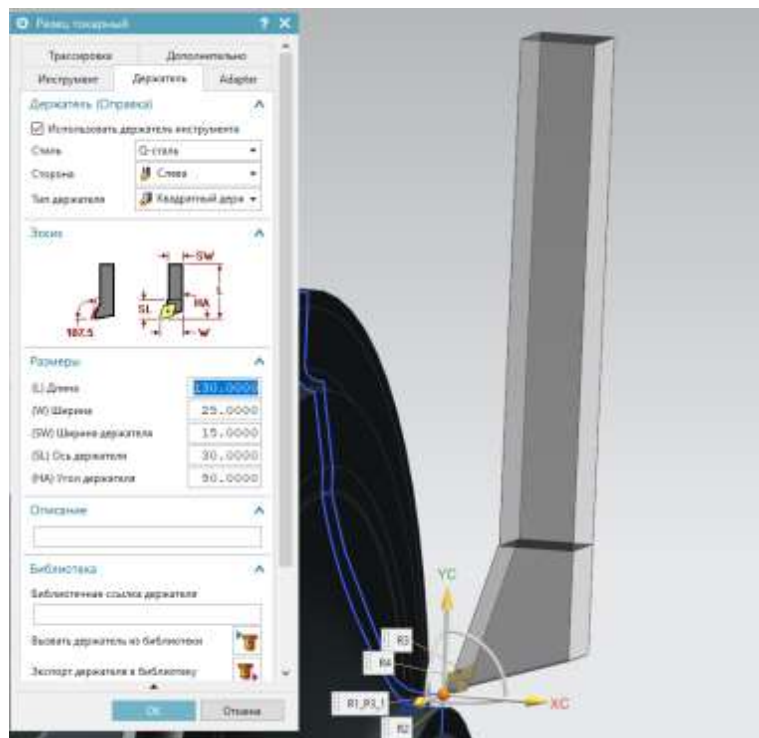


Рисунок 1.12 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

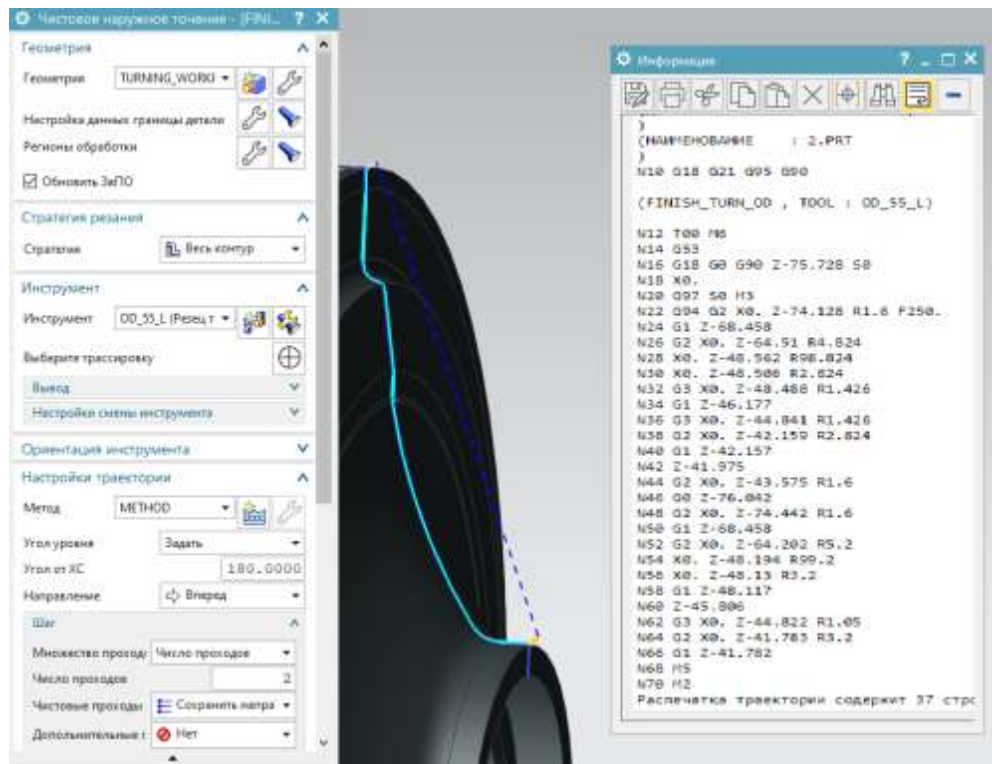


Рисунок 1.13 – Програма обробки в G-кодах

1.8.2 Розробка свердильної операції

У технологічному процесі обробки відцентрового колеса немає свердильних операцій, тому розробка відповідної операції у модулі NXCAM виконується для свердильного переходу токарної операції з ЧПК.

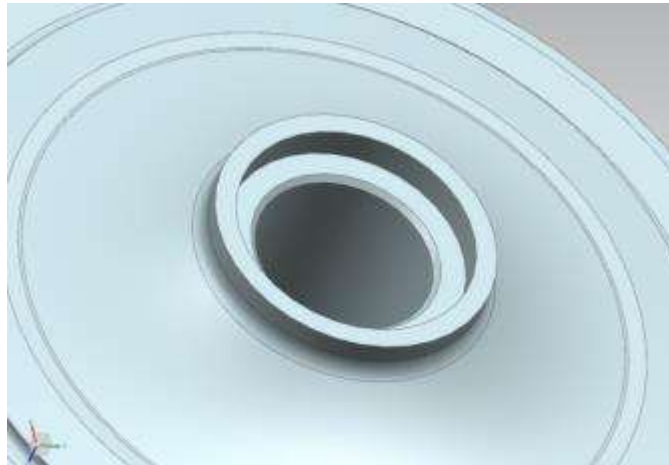


Рисунок 1.14 - Операційний ескіз – свердильна операція

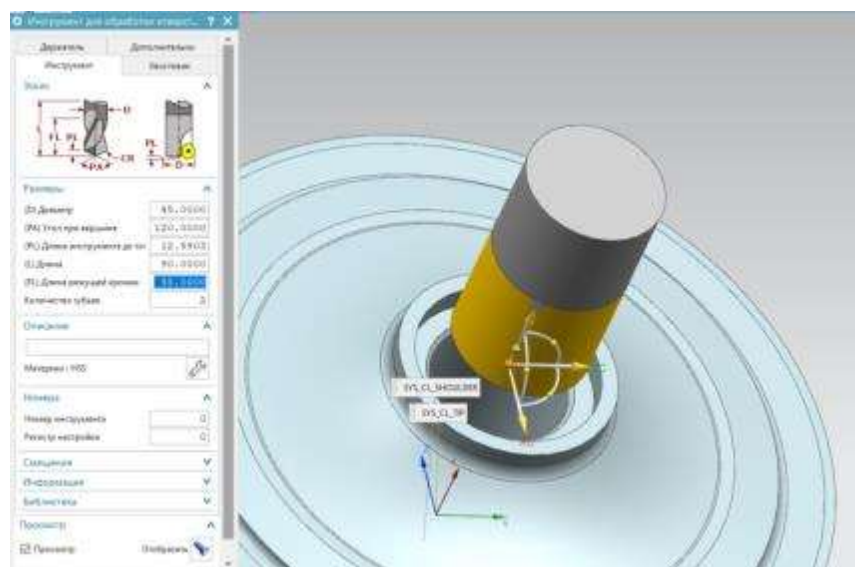


Рисунок 1.15 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

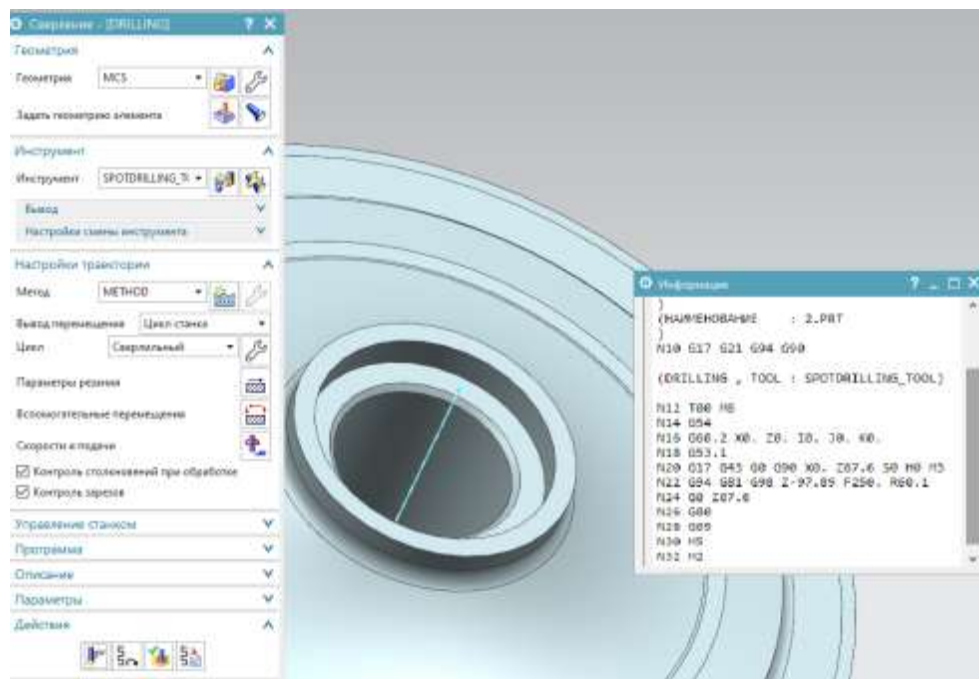


Рисунок 1.16 – Траектория обработки з програмою в G-кодах

2 КОНСТРУКТОРСКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Для виконання технологічної операції застосовано токарне мембранне пристосування (рисунк 2.1) яке складається з плити 1 з отворами для установки змінної наладки 2. Плита попередньо центрується по Ø 180 мм. Пристосування закріплюється до планшайби верстата. У якості рушійної сили використовується пневматичний привід.

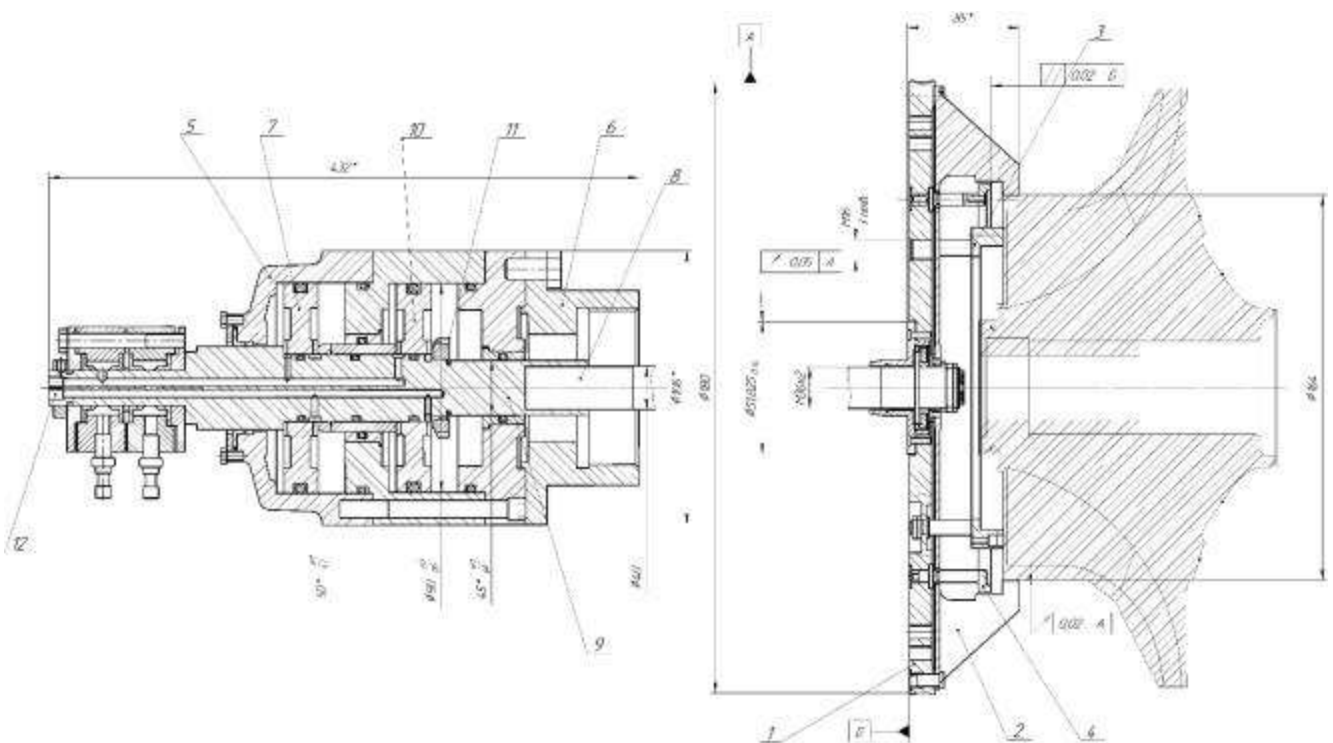


Рисунок 2.1 – Мембранне пристосування для обробки на токарному верстаті з ЧПУ

Виходячи з умов технологічної операції та параметрів верстату раціональним буде використання пневмоциліндру двосторонньої дії, прямий і зворотний хід якого здійснюється за рахунок стисненого повітря, але доцільність цього рішення необхідно підтвердити наступними розрахунками.

Пневмоциліндр розташовано у шпинделі токарного верстата і обертається разом з ним. У корпусі 5 пневмоциліндру закріплена кришка 6. У корпусі розташовано поршень 7 із штоком 8 і встановлено вал 9, в який впресовано стрижень 10, за яким в пневмосистему надходить повітря. На вал запресовують втулки 11, які фіксуються розтискною шайбою 12.

2.1.2 Розрахунок похибки базування

Похибка установки - різниця граничних відхилень вимірювальної бази щодо встановленого на розмір ріжучого інструменту [11] визначається за формулою (2.1):

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

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

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

Точність центрування деталей з базовими поверхнями, виконаними по 8 квалітету знаходиться в межах 0,04 ... 0,06мм. [8, стор. 279] Отже, похибка базування складе 50 мкм.

Похибка закріплення визначається табличним методом, який враховує чистоту обробки базової поверхні, геометричні розміри заготовки, вид настановних елементів, а також тип затискних пристроїв. [1, стор. 134-136] $\varepsilon_{\text{зак}} = 40$ мкм. Тоді похибка установки складає:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{50^2 + 40^2} = 64 \text{ мкм}$$

2.1.3 Визначення сил затиску

Вихідними даними для визначення сил затиску в мембранному пристосуванні є: момент різання і діаметр базової поверхні деталі.

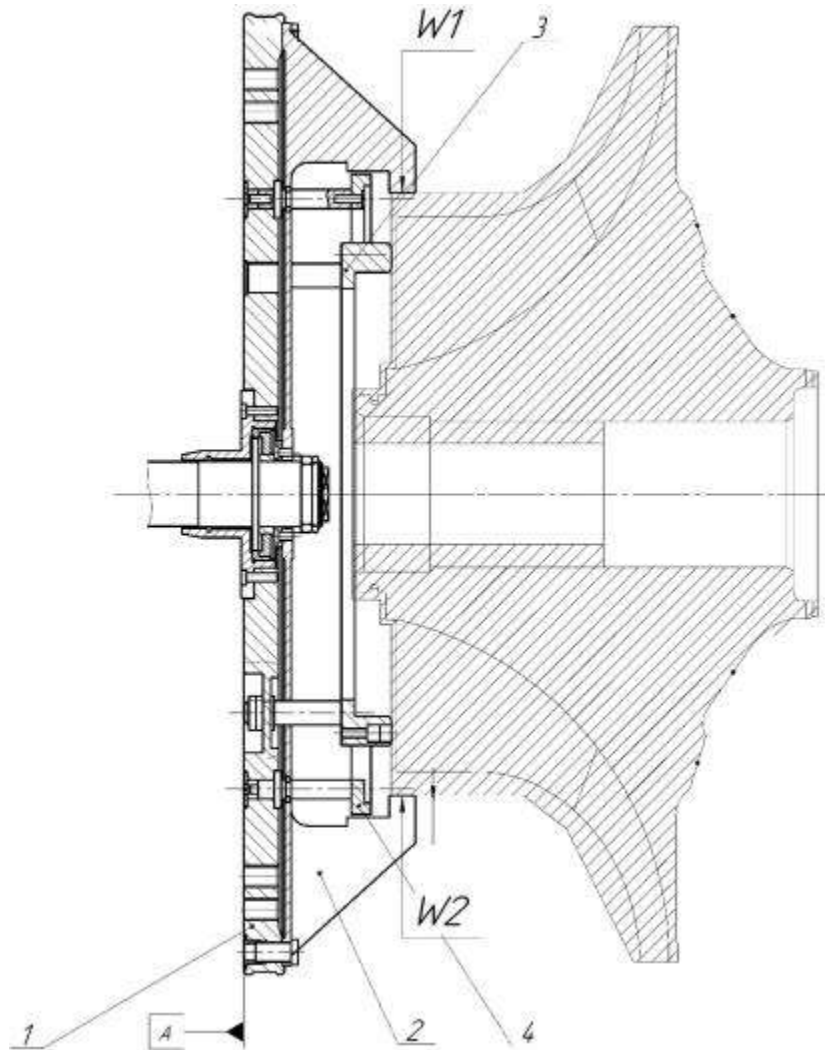


Рисунок 2.2 – Схема дії сил затиску в пристосуванні

Розрахуємо момент різання [11] за формулою (2.6):

$$M = P_x \times l \quad (2.6)$$

де P_x – осьова сила різання, що за напрямком співпадає з силою затиску [11]

визначається за формулою (2.7):

$$P_X = 10 \times C_p \times t^x \times S^y \times v^n \times K_p \quad (2.7)$$

де K_p – довідковий параметр, що враховує вплив геометрії ріжучого інструменту та твердість оброблюваного матеріалу [11] визначається за формулою (2.8):

$$K_p = K_{M_p} \times K_{\varphi_p} \times K_{\gamma_p} \times K_{\lambda_p} \times K_{\tau_p} \quad (2.8)$$

$$K_p = 1,8 \times 0,78 \times 1,0 \times 0,85 \times 1,0 = 1,19$$

$$P_X = 10 \times 343 \times 1,5^{0,9} \times 0,2^{0,6} \times 94,2^{0,3} \times 1,19 = 8459,2 \text{ Н}$$

Тоді, момент різання дорівнює:

$$M = 8459,2 \times 9,5 = 80362,9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Радіальне зусилля затиску деталі на одному кулачку мембрани для передачі заданого моменту [11] визначається за формулою (2.9):

$$W = \frac{k \times M}{2 \times n \times f \times d} \quad (2.9)$$

де k – параметр запасу, $k=2,5$ [11];

n – кількість кулачків;

f – параметр тертя базової поверхні деталі і кулачка, приймається рівними від 0.15 до 0.18.

$$W_0 = \frac{2,5 \times 80362,9}{2 \times 12 \times 0,16 \times 180} = 290,66 \text{ кН}$$

За [8, табл. 11.1, стор. 285] в залежності від діаметру базової поверхні

деталі визначаємо діаметр мембрани 180 мм, товщину мембрани – 8,5 мм.

Циліндричну жорсткість мембрани розраховуємо за [11] за формулою (2.10):

$$B = \frac{E \times s^3}{12 \times (1 - \mu^2)} \quad (2.10)$$

де $E = 2.1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності;

s – товщина мембрани;

μ - параметр Пуассона, $\mu = 0.3$.

$$B = \frac{2 \times 10^5 \times 8,5^3}{12 \times (1 - 0,3^2)} = 11810096 \text{ МПа} \times \text{мм}^3$$

Кут розтиску кулачків при закріпленні деталі з найменшим діаметром [11] визначається за формулою (2.11):

$$\varphi = \frac{M_3 \times d}{2 \times B \times (1 + \mu)} \quad (2.11)$$

де $M_3 = 0.825$ кН·мм – момент закріплення по відношенню до діаметру мембрани до діаметра заготовки.

$$\varphi = \frac{0,825 \times 10^3 \times 377,6}{2 \times 11810096 \times (1 + 0,3)} = 0,01 \text{ рад}$$

Зусилля на клині мембрани, від дії пневмоциліндра [11] визначається за формулою (2.12):

$$Q = W \times \frac{d}{D \times n} \times \operatorname{tg} \varphi \quad (2.12)$$

де W – зусилля затиску, Н;

d – діаметр, базування заготовки, мм;

D – діаметр мембрани, мм;

φ – кути тертя в точках контакту клину з опорними роликами, град.

$$Q = 290,66 \times 10^3 \times \frac{160}{164 \times 12} \times \operatorname{tg} 8 = 3308,3 \text{ Н}$$

Визначаємо діаметр пневмоциліндру за формулою (2.13):

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot P \cdot \eta \quad (2.13)$$

де $P = 0,5$ МПа – тиск у пневмоциліндрі;

$\eta = 0,9$ - ККД пневмоциліндру.

Тоді,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot P \cdot \eta}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3308,3}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,097 \text{ м} = 97 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра з стандартного ряду $D = 100$ мм. [8, стор. 141, табл. 7.4]

Згідно розрахованому діаметру, вибираємо інші параметри пневмоциліндра: діаметр шпильок - М16; кількість шпильок - 4; діаметр штока - 40 мм; діаметр різьби на штоці - М36х2 товщина стінки циліндра - 7 мм.

2.1.4 Розрахунок пристосування на точність

Необхідно витримати розмір обробки $\varnothing 160_{-0,2}$ мм. Виконаємо розрахунок щодо відповідності нашого пристосування допуску на обробку. Для забезпечення заданої точності обробки необхідно дотримуватися умови (2.2):

$$\sum E_i \leq T_{\text{обр}} \quad (2.2)$$

де $T_{\text{обр}}$ – допуск на розмір обробки.

Розраховуємо допуск на виготовлення установу за формулою (2.3):

$$T_{\text{пр}} \leq T_{\text{обр}} - (k_1 \times E_6 + E_3 + k_2 \times w) \quad (2.3)$$

де $k_1 = 0.8 \dots 0.85$ параметр, що враховує відхилення позиціонування значень від знаку нормального розподілення внаслідок того, що дійсний розмір поверхонь установок рідко дорівнює крайньому;

E_6 – похибка базування при виконанні операції;

E_3 – похибка закріплення, котра виникає в результаті впливу прикладених зусиль затиску;

$k_2 = 0.6 \dots 0.65$ – параметр зменшення величини w , який враховує долю похибки обробки, визвану факторами, котрі не залежать від пристосування;

w – середня економічна точність обробки на цю операцію [1, табл. 4.2г...4.2е, 4.24, 4.25];

$T_{\text{пр}}$ – допуск на виготовлення пристосування.

$$T_{\text{н}} \leq 200 - (0,8 \times 50 + 40 + 0,6 \times 15)$$

$$T_{\text{н}} \leq 111$$

Визначаємо величину $\pm \frac{T_H}{2}$, округливши значення до найближчого нормалізованого. Виходячи з виконаних розрахунків для забезпечення завданої точності обробки допуск на точність виготовлення пристосування повинен бути

$$\frac{T_H}{2} = \pm 0,055 \text{ мм}$$

2.1.5 Розрахунок пристосування на міцність

В пристосуванні що розраховується слабкою ланкою є різьблення на штоці пневмоциліндру. Зробимо розрахунок різьби на зріз і зминання.

Визначаємо величину напруги зрізу в різьбі тяги за формулою (2. 4):

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{P}{\pi \times d_1 \times k \times H \times k_m}, \quad (2. 4)$$

де P – сила, діюча на витки різі, Н;

d_1 – внутрішній діаметр різі, м;

$k=0.87$ – параметр повноти різі;

H – довжина різьби, м;

$k_m=0.75$ – параметр нерівномірності навантаження за витками різьби, з врахуванням пластичної деформації.

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{230,3}{3,14 \times 36 \times 10^{-3} \times 0,87 \times 23 \times 10^{-3} \times 0,75} = 0,14 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження зрізу для даного матеріалу дорівнює $[\tau]_{\text{ср}}=150$ МПа.

Відповідно: $\tau_{\text{ср}} < [\tau]_{\text{ср}}$.

Розрахунок різі на зминання виконуємо за формулою (2.5):

$$\sigma_{с.м} = \frac{4 \times P}{\pi \times (d^2 - d_1^2) \times k_m \times z}, \quad (2.5)$$

де d – зовнішній діаметр різі, м;

z – кількість витків на довжині згвинчування ($z=18$).

$$\sigma_{с.м} = \frac{4 \times 230,3}{3,14 \times (0,04^2 - 0,036^2) \times 0,75 \times 18} = 715 \text{ (кПа)}$$

Допустиме напруження зминання для матеріалу тяги дорівнює $[\sigma]_{с.м}=282$ МПа. Відповідно: $\sigma_{с.м} < [\sigma]_{с.м}$.

За результатами розрахунків робимо висновок – різьба тяги витримає навантаження, що виникають при роботі пристосування.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Це контрольне пристосування призначене для перевірки торцювого биття.

Деталь, встановлюється на основу 3, на яка центрується пальцем 5. Биття перевіряють індикаторним годинником 9, який через гвинт 8 та втулку 9 закріплено на стійці основи 12. Годинник 9 встановлений на планці 13, монтованою на стійці основи 12. Робоче положення планки з індикаторним годинником регулюється гвинтом і гайкою.

Похибка базування в даному випадку дорівнює максимальному проміжку між внутрішньою поверхнею деталі і зовнішньою пальця. В даному випадку деталь сідає на конусну оправку з натягом. Проміжок відсутній і, отже, похибку

базування дорівнює нулю. Похибку закріплення дорівнює нулю, оскільки деталь сідає на оправку з натягом.

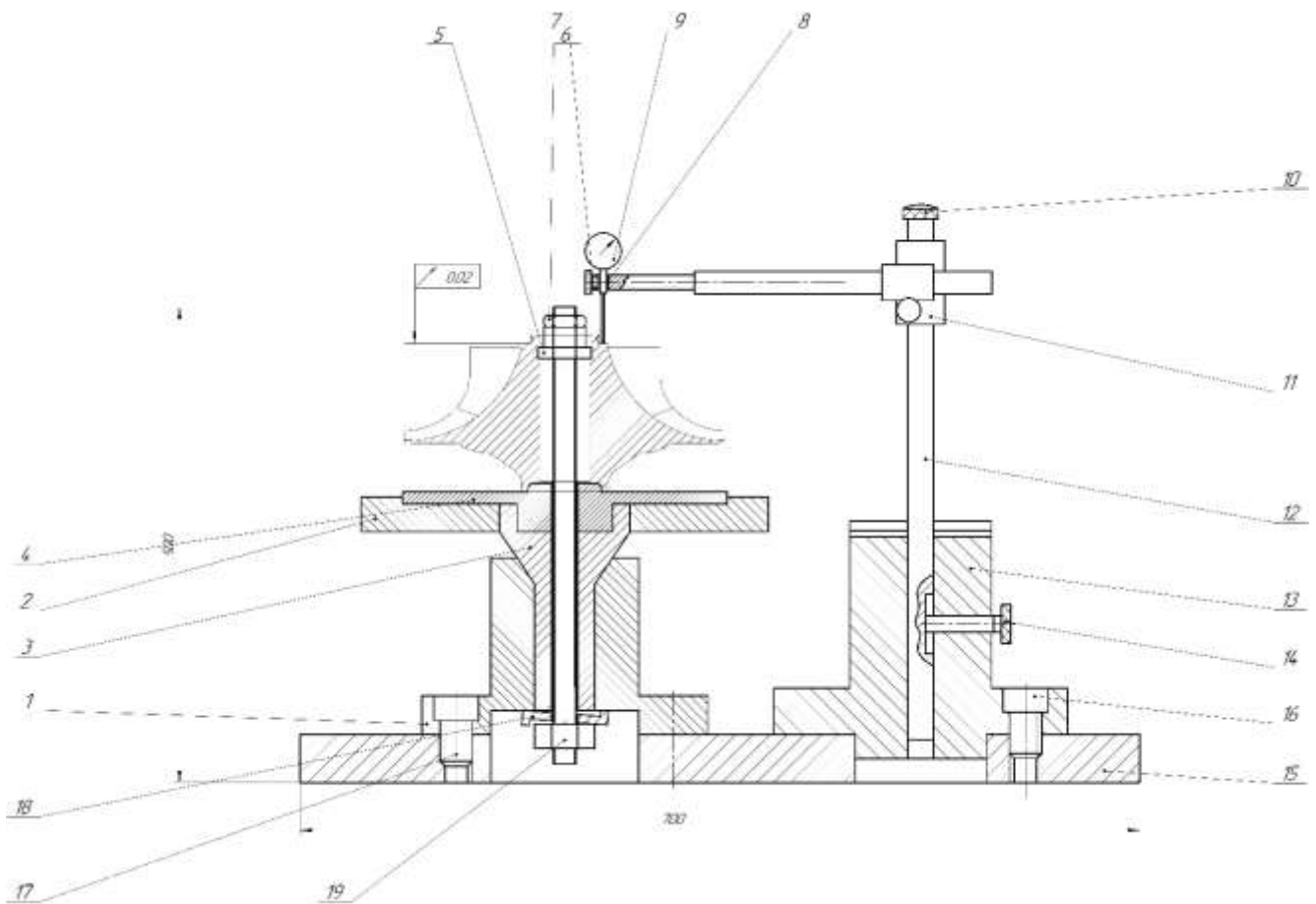


Рисунок 2.3 - Схема установки деталі в пристосуванні.

Допустиму похибку виміру знаходиться по формулі (2.6):

$$[\varepsilon_{изм}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times T_k, \quad (2.6)$$

де $\varepsilon_{вим}$ - допустима похибка виміру;

T_k - допуск на контрольований розмір, $T_k=0,02\text{мм}$.

$$[\varepsilon_{изм}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5} \right) \times 0,02 = 0,0026\text{мм} = 2,6\text{мкм}$$

Розрахунок сумарної похибки виміру КІП виконуємо за формулою (2.7):

$$E_{\text{кіп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{вус}} \quad (2.7)$$

де ε - похибка передатного пристрою;

$\Delta_{\text{э}}$ - похибка виготовлення еталонної деталі;

$\Delta_{\text{ин}}$ - похибка вибраного засобу виміру;

Δ_t - похибка, викликана зміною температури довкілля, в нашому випадку;

$\Delta_{\text{ус}}$ - похибка, що викликається вимірювальним зусиллям за рахунок контактної деформації. Визначимо фактичну погрішність по формулі Герца:

$$\Delta_{\text{ус}} = 0,43 \times K \times \sqrt[3]{\frac{P_{\text{ус}}^2}{r}} = 0,43 \times 0,81 \times \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,032 \text{ мкм},$$

де $P_{\text{ус}}$ - вимірювальне зусилля, Н ($P_{\text{ус}} = 2\text{Н}$);

r - радіус вимірювального наконечника, мм ($r = 5\text{мм}$);

Do - параметр, залежний від матеріалу наконечника ($Do = 0,81$).

ε - похибка положення контрольованої деталі в пристосуванні.

Вона визначається за формулою (2.8):

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\text{б}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{нр}}^2}, \quad (2.8)$$

де $\varepsilon_{\text{б}}$ - похибка базування. У нашому випадку вона дорівнює нулю.

$\varepsilon_{\text{з}}$ - похибка закріплення. Вимір проводиться без закріплення $\varepsilon_{\text{з}} = 0$.

$\varepsilon_{\text{нр}}$ - неточність виготовлення елементів пристосування, що беруть участь у формуванні розмірного ланцюга. Визначається квадратичним підсумовуванням

елементарних погрішностей, викликаних як неточністю виготовлення деталей для установки СІ, так і для базування об'єкту контролю за формулою (2.9):

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.9)$$

де $\Delta_1 = 0$ - відхилення положення осі наконечника від заданої точки виміру.

$\Delta_2 = 1,5$ мкм - похибка положення наконечника у вертикальному напрямі;

$\Delta_3 = 1,5$ мкм - похибка осьового переміщення.

$\Delta_4 = 0$ – похибка виміру величини відхилення від паралельності переміщення вимірювального наконечника відносно осі отвору в кронштейні. Від не співпаданя переміщення наконечника і вимірюваного параметра виникає похибка в соті долі мікрометра, тому нею можна нехтувати.

$\Delta_5 = 0$

$\Delta_6 = 0$ – похибка від не співпаданя напрямку виміру і розміру.

Тоді:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2} = \sqrt{0 + 1,5^2 + 1,5^2 + 0 + 0 + 0} = 2,12 \text{ мкм}$$

Похибка положення вимірюваної деталі можна вичислити по формулі:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}$$

$$\varepsilon = \sqrt{0 + 0 + 2,12^2} = 2,12 \text{ мкм}$$

Підставивши знайдені значення, отримаємо фактичну сумарну похибка КІП:

$$\varepsilon_{\text{кп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\text{э}} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{вус}}$$

$$\varepsilon_{\text{кп}} = 2,12 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0,32 = 2,44 \text{ мкм.}$$

Зіставивши фактичну сумарну похибку з допустимою $|\varepsilon_{\text{вим}}| = 2,6 \text{ мкм}$, робимо висновок про те, що необхідна умова точності дотримується :

$$\varepsilon_{\text{кп}} = 2,44 \text{ мкм} < 2,6 \text{ мкм.}$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Розвиток автоматизації у напрямі технологічної гнучкості і широкого застосування ЕОМ

Гнучкі виробничі системи є сукупністю технологічного устаткування і систем забезпечення його роботи в автоматичному режимі при виготовленні виробів що змінюються номенклатурою. Розвиток ГПС відбувається у напрямі до безлюдної технології, що забезпечує роботу устаткування впродовж заданого часу без участі оператора [15].

Для кожного виробу при заданих вимогах до кількості і якості продукції можуть бути розроблені різні варіанти ГПС, що відрізняються методами і маршрутами обробки, контролю і складання, мірою диференціації і концентрації операцій технологічного процесу, типами транспортно, - завантажувальних систем, числом обслуговуючих транспортних засобів(ОТС), характером міжагрегатних і міждільничних зв'язків, конструктивними рішеннями основних і допоміжних механізмів і пристроїв, принципами побудови системи управління [15].

Технічний рівень і ефективність ГПС визначається такими показниками, як якість виробів, продуктивність ГПС і її надійність, структура потоків компонентів, що поступають на її вхід. Саме з урахуванням цих критеріїв повинні вирішуватися такі завдання, як вибір типу і кількості технологічного устаткування, міжопераційних накопичувачів, їх місткості і місць їх розташування, числа обслуговуючих операторів, структури і параметрів транспортно-складської системи і тому подібне [15].

Гнучкі виробничі системи можуть бути побудовані зі взаємозамінних, зі взаємодоповнюючих осередків або ж змішаним чином.

На малюнку показана схема гнучкої системи з двох однотипних взаємозамінних оброблювальних центрів (ОЦ). Оброблювальні центри обслуговуються двома транспортними візками (робо-карами), що підтримують рух матеріальних потоків (деталей, заготовок, інструментів). Звичайним є

управління в автоматизованому режимі. Якщо допускаються ручні операції, то операторові має бути надана певна свобода дій. Управління спільною роботою ОЦ і транспортною системою здійснюється від центральної ЕОМ [15].

У загальному випадку управлінням робокарами здійснюється від центральної ЕОМ через проміжний пристрій або ж від локальної системи управління (ЛСУ). Передача команд на робо-карі може здійснюватися тільки на зупинках, які ділять траси руху на зони. ЕОМ дозволяє перебування в конкретній зоні тільки одного робо-кара. Максимальна швидкість руху може досягати 1 м/с.

Верхня частина робо-кара для виконання операцій перевантаження, розвантаження і завантаження може підніматися і опускатися за допомогою гідроприводу. При відмові або відключенні управління від ЕОМ робо-кар може управлятися ЛСУ [15].

Існують різні варіанти робо-карів, що використовуються як транспортні засоби в ГПС. Найбільш поширений варіант, коли робо-кар переміщається уздовж трека (маршруту, траси) або іншої конструкції, укладеної в підлозі або на його поверхні. Один з варіантів трасування полягає в тому, що на поверхню підлоги наносять трек у вигляді смуги (флюоресцентною, світловідражаючою, білою з чорною окантовкою), а маршрутослідування здійснюється опто-електронними методами. Недоліком є необхідність стежити за чистотою смуги. Тому поширенішим є трасування робо-карів індуктивним провідником, укладеним в канавці на невеликій глибині (близько 20 мм). Відомі і інші цікаві рішення — із застосуванням, наприклад, телевізійного навігаційного устаткування для вільного переміщення в просторі під управлінням ЕОМ [15].

Джерелом постачання робо-карів матеріальними потоками є автоматизований склад з штабелерами, що здійснюють доступ, що адресується, до будь-якого осередку складу. Склад сам по собі є досить складним об'єктом управління.

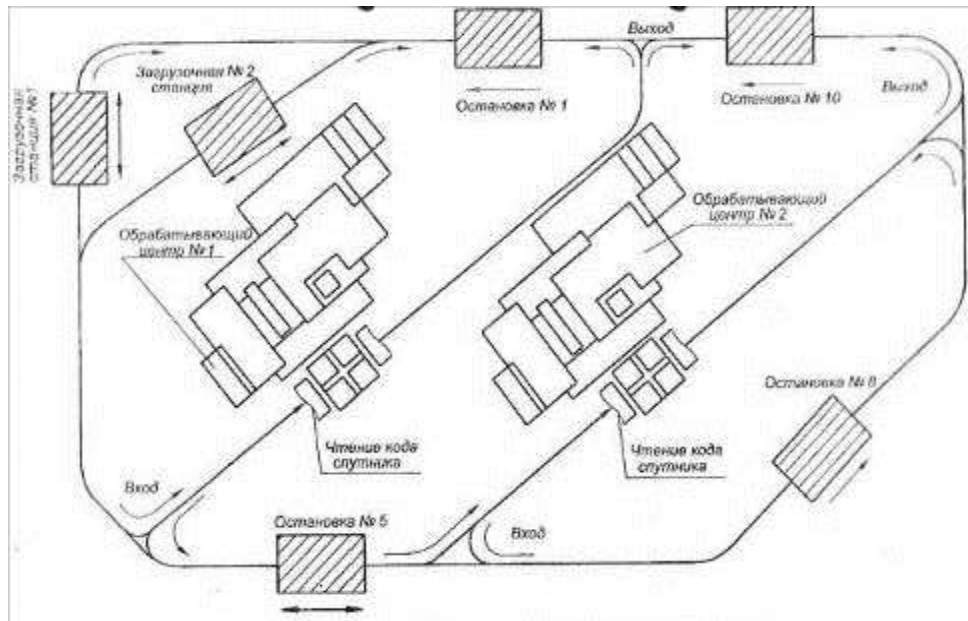


Рисунок 3.1 – Структура ГПС з двома оброблюючими центрами

В якості його системи управління використовують програмовані контролери, ЕОМ або ж спеціалізованого пристрою [15].

Найбільш поширені робо-кари з індуктивним маршрутослідуванням мають наступні характеристики: вантажопідйомність — 500 кг; швидкість переміщення — 70 м/мін; прискорення при розгоні і гальмуванні відповідно — 0,5 і 0,7 м/с²; прискорення при аварійному гальмуванні 2,5 м/с²; величина підйому палети — 130 мм; точність зупинки робо-кару — 30 мм; час циклу перевантаження — 3 з; радіус повороту на максимальній швидкості — 0,9 м; час роботи без заряджання акумуляторів — 6 ч; напруга акумуляторної батареї — 24В; потужність кожного з двох приводних двигунів — 600 Вт; власна маса робо-кару — 425 кг [15].

Важливою перевагою робо-карів як транспортних засобів являється відсутність скільки-небудь серйозних обмежень на розставляння устаткування, яке може бути здійснене з міркувань найбільшої ефективності за будь-якими критеріями. Маршрут робо-карів нерідко виявляється досить складним, з паралельними гілками і петлями [15].

Іноді в ГПС застосовуються все ж не робо-кари, а транспортні засоби з

вільною адресацією кареток, що несуть супутники. Приклад компоновання гнучкої системи з подібним видом транспорту. Управління цією транспортною системою здійснюється від програмованого контролера або від ЕОМ.

Конструктивна модифікація ГПС з лінійним транспортом, кареткою вільної адресації і нерухомим загальним накопичувачем палет. До транспортної системи підключають не лише різне технологічне, але і допоміжне устаткування, наприклад мийну станцію [15].

Використовується також конструктивна модифікація (ГПС) з порталною системою транспортування палет і із застосуванням автооператора.

Складнішу структуру має ГПС в тих випадках, коли разом з транспортним потоком деталей є ще і транспортний потік інструменту. Існує немало способів практичної реалізації такої структури. Наприклад, транспортування деталей може здійснюватися за допомогою каретки вільної адресації, а доставка інструментальних наладок виконується рейковим візком, на якому змонтований робот, що грає роль приймально-передавального механізму [15].

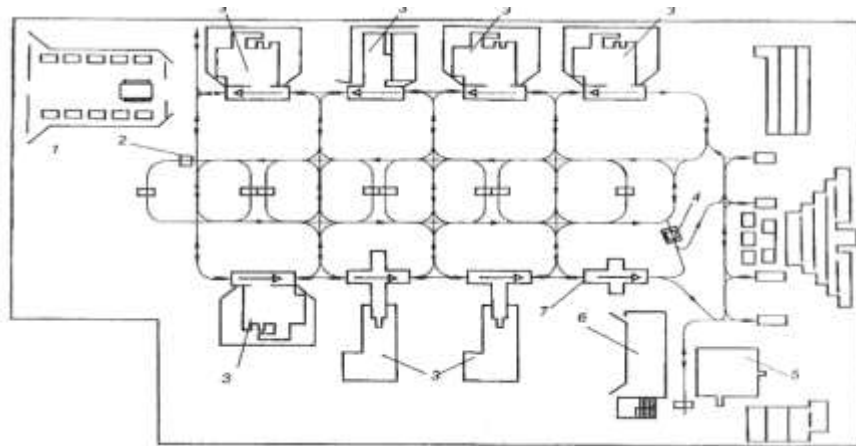


Рисунок 3.2 – Транспортні траєкторії робокарів

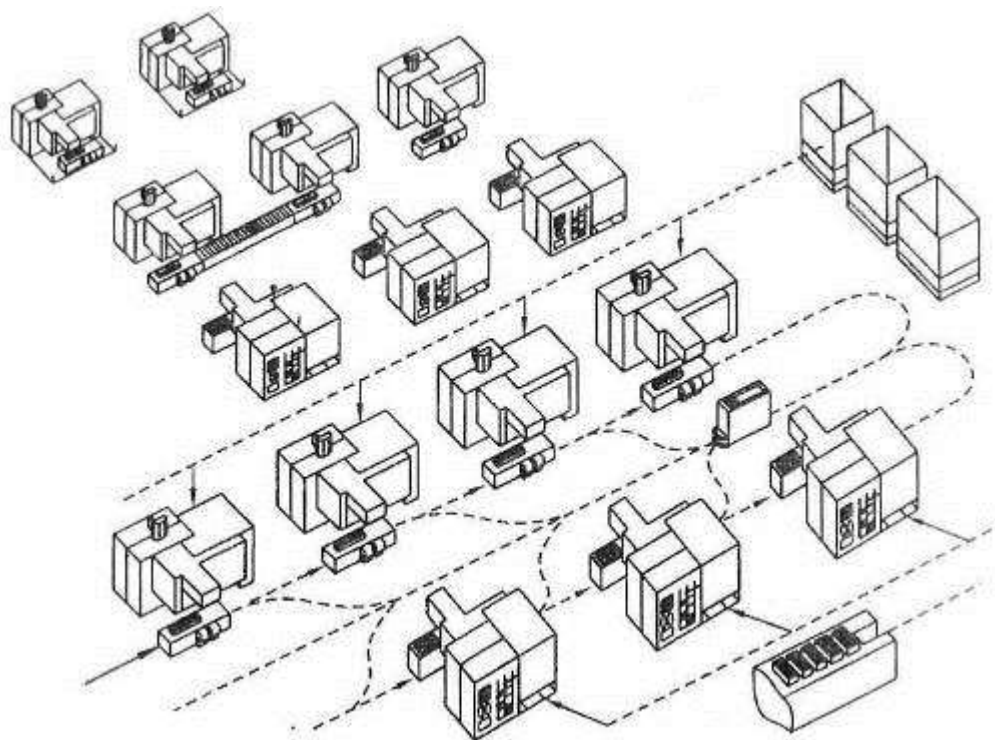


Рисунок 3.3 – Загальний вид ГПС з робо-каром

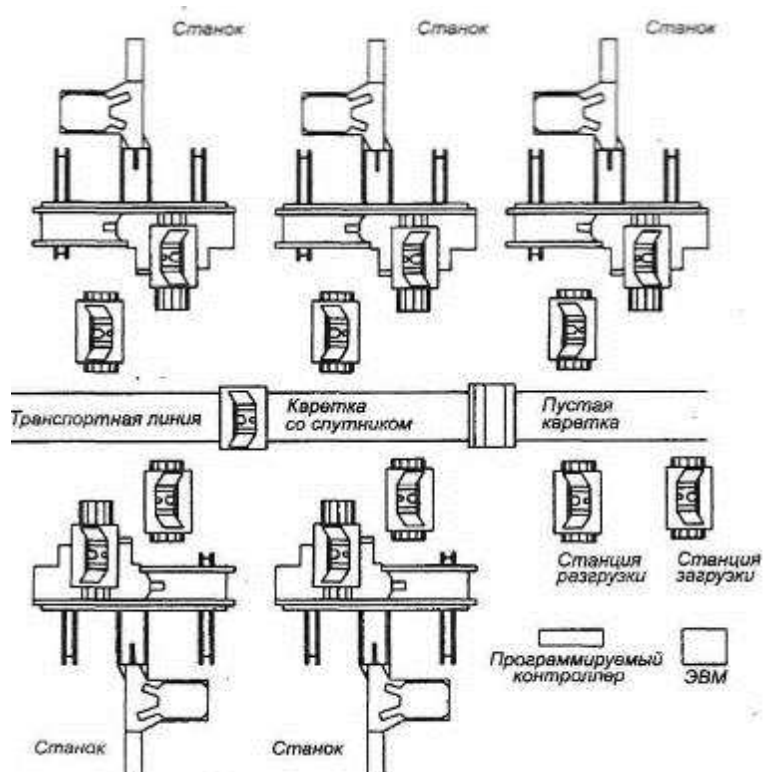


Рисунок 3.4 – Гнучка виробнича система з каретками вільної адресації

Портальний трикоординатний пристрій для перевантаження інструментів із зовнішнього інструментального магазину в інструментальні магазини верстатів. Потік деталей між робочими осередками і центральним накопичувачем палет організований за допомогою каретки вільної адресації. Наявність двох потоків ускладнює структуру ГПС, але незалежність цих потоків дозволяє здійснювати оптимальне управління для кожного з них окремо [15].

Відомі структурні рішення з поєднанням транспортних потоків деталей і інструментів. Наприклад, робо-кар може доставляти до верстатів і палети з деталями, і інструментальні наладки. У таких структурах економія транспортних коштів може привести, проте, до затримок в обслуговуванні верстатів і до ускладнення управління [15].

Структурний аналіз дозволяє встановити сукупність об'єктів, що повторюються, в ГПС. До числа об'єктів, що вимагають як автономного управління, так і централізованої координації, передусім, відносяться ОЦ, а також накопичувачі, транспортні засоби, склади [15].

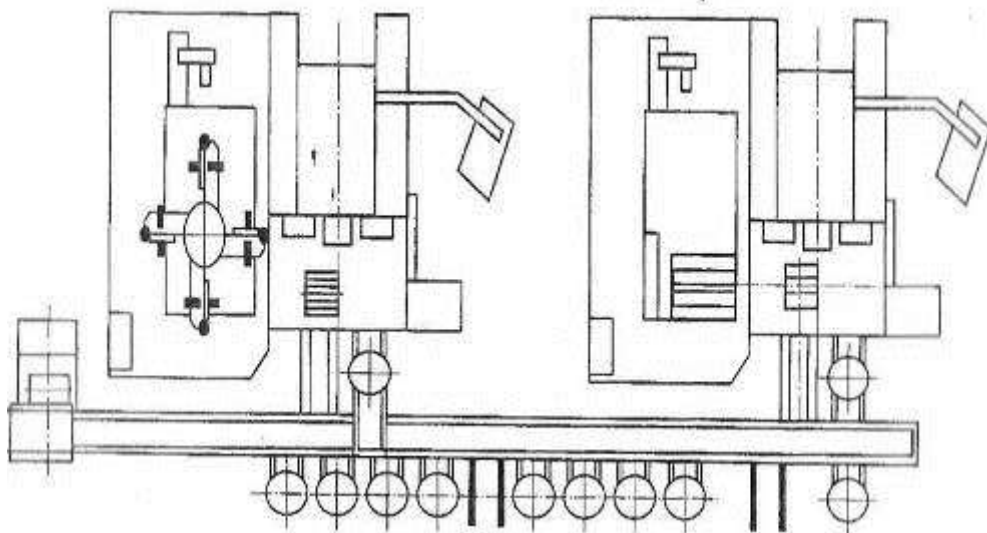


Рисунок 3.5 – Гнучка виробнича дільниця з кареткою вільної адресації

Конструктивні особливості об'єктів мають бути орієнтовані на взаємну інтеграцію без до опрацювань і переробок. В цьому випадку множинність вказаних об'єктів складе сімейство сумісних компонентів, здатних породжувати численні варіанти ГПС у відповідність з конкретним технічним завданням на їх розробку [15].

Структури гнучкого багатноменклатурного виробництва характеризуються складом або номенклатурою основного технологічного устаткування і його кількістю, яка залежить від програми випуску і продуктивності, що визначають виробничі зв'язки між окремими верстатами, галуження і з'єднання потоків оброблюваних деталей. Гнучке багатноменклатурне виробництво є одним з різновидів ГПС. Воно характеризується рухом деталей по довільному маршруту з можливістю його переривання, не вимагає обов'язкового вирівнювання значень часу перебування деталі на різних операціях технологічного маршруту і числа операцій технологічного маршруту для деталей різних найменувань. Маршрут руху деталей і послідовність подання їх на обробку ніяк не пов'язані з компонуванням устаткування і визначаються планом роботи комплексу і розкладом завантаження одиниць устаткування [15].

При формуванні структури такого виробництва враховуються порядок дотримань операцій і їх тривалість. Розробку ГПС зазвичай здійснюють виходячи з таких умов:

- чи задана безліч виробничих функцій, що реалізуються;
- чи задані взаємозв'язки між виробничими функціями;
- задані або ж підлягають вибору елементи технічних засобів комплексу управління;
- враховується або ні розташування елементів виробничої системи;
- вказані або ні зв'язки між елементами виробничої системи;
- є або відсутня можливість виконання одного і того ж завдання декількома різними елементами.

Класифікація операцій виробничих структур робиться двояким чином [15].

1. За принципом призначення виділяються наступні операції:

- підготовка повних початкових даних по управлінню складом заготовок;
- підготовка даних по маршруту транспортування заготовок;
- управління складом інструментів;
- управління транспортуванням грузоодиниць;
- управління устаткуванням технологічного процесу;
- управління складом готових виробів.

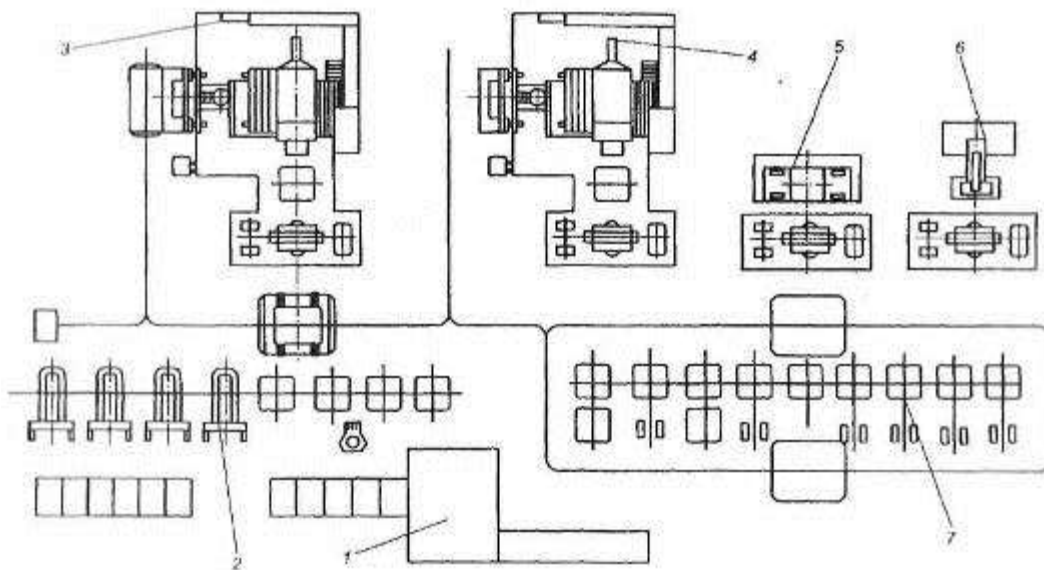


Рисунок 3.6 – ГВС на базі загального транспортування деталей та інструментів

2. За принципом реалізації виробничого процесу розрізняють операції:

- динамічне і статичне ведення стану складу матеріалу;
- динамічне і статичне ведення стану складу інструментів;
- здійснення транспортування грузоодиниць;
- складання повного звіту за станом технологічного устаткування;
- відправка на склад готових виробів.

Ефективність і продуктивність основного устаткування багатономенклатурного виробництва безпосередньо залежать від рівня його використання і завантаження [15].

Забезпечення завантаження устаткування у багатономенклатурному

виробництві з урахуванням різної тривалості виробничих циклів на суміжних технологічних позиціях є однією з центральних теоретичних і практичних проблем, з якими доводиться стикатися як при проектуванні, так і при експлуатації ГПС [15].

Завантаження устаткування ГПС у багатономенклатурному виробництві визначається планом. Розрізняють об'ємні і календарні плани(розклади).

Перші встановлюють укрупнені баланси технологічного часу по видах операцій і фондів часу роботи устаткування; другі доводять об'ємні плани до регламентації тимчасових технологічних послідовностей виконання робіт на робочих місцях [15].

При проектуванні ГПС багатономенклатурного виробництва вибір виробничих (і технологічних) структур здійснюється тільки на підставі об'ємних планів.

Розклад роботи устаткування багатономенклатурною ГПС створюється в процесі експлуатації з урахуванням реальної виробничої ситуації.

Гнучкі автоматизовані системи. По організаційній структурі ГПС розділяються на наступні види:

- гнучка автоматична лінія (ГАЛ) — гнучка виробнича система, в якій технологічне устаткування розташовується в прийнятій послідовності технологічних операцій;

- роботизована технологічна лінія (РТЛ) — сукупність роботизованих технологічних комплексів, пов'язаних між собою транспортними засобами і системою управління, або декількох одиниць устаткування, що обслуговуються одним або декількома промисловими роботами хоча виконання операцій в прийнятій технологічній послідовності;

гнучка автоматизована ділянка (ГАУ) — гнучка виробнича система, що функціонує по технологічному маршруту відповідно до розкладу завантаження устаткування, в якому передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного устаткування;

- Роботизована технологічна ділянка (РОТУ) - сукупність одиниць

технологічного устаткування, пов'язаних між собою транспортними засобами і системою управління, або декількох одиниць технологічного устаткування, що обслуговуються одним або декількома промисловим роботами, в якій передбачена можливість зміни послідовності використання технологічного устаткування;

- гнучкий автоматизований цех (ГАЦ) — гнучка виробнича система, що є сукупністю гнучких автоматизованих ліній, роботизованих технологічних ліній, гнучких автоматизованих ділянок і роботизованих технологічних ділянок, що забезпечує можливість виготовлення виробів заданої номенклатури.

Основним елементом технологічного устаткування, з якого будуються різні ГПС, є роботизовані технологічні комплекси (РТК) і гнучкі виробничі модулі (ГПМ) [15].

РТК — це сукупність, утворена одиницею технологічного устаткування, промисловим роботом і засобами пристаночного оснащення, автономно функціонує і здійснює багатократні технологічні цикли.

ГПМ — це одиниця технологічного устаткування з програмним управлінням і засобами автоматизації технологічного процесу, що автономно функціонує, здійснює багатократні технологічні цикли, має властивість автоматизованої переналадки при виробництві виробів різної номенклатури (зрозуміло, у встановлених межах їх типорозмірів і інших технічних характеристик), має можливість вбудовування в ГПС.

ГПС організовуються переважно для комплексної обробки, що забезпечує випуск повністю оброблених деталей. Проте у ряді випадків відсутній необхідний набір гнучких виробничих модулів для комплектування ГПС з повним циклом обробки деталей. У таких ситуаціях, а також в силу специфічних особливостей реалізації технологічних процесів на тих або інших підприємствах організовуються ГПС з винесенням деяких операцій на інші виробничі ділянки. Ці ділянки в порівнянні з вказаною ГПС можуть мати і нижчий рівень автоматизації. ГПС для попередньої обробки доцільно об'єднувати з переналагоджуваними комплексами різання заготовок і розмішати в заготівельних цехах і виробництвах. По своїй структурі ГПС розділяються на прості і складні.

Проста ГПС - це виробнича система, призначена для виконання технологічного процесу або його закінченої в організаційному відношенні частини. Вона складається з декількох ГПМ, окремих верстатів або РТК, об'єднаних автоматизованою транспортно, - накопичувальною системою (ТСС).

Складна ГПС — це гнучка виробнича система, до складу якої входять одиниці основного технологічного устаткування (ГПМ, РТК або переналагоджувані верстати), допоміжне устаткування, система забезпечення функціонування виробництва (СОП) і керуюче-обчислюючий комплекс (КОК). До складу складної ГПС можуть входити як прості ГПС, так і окремі верстати, наприклад для підготовки баз і виконання фінішних операцій; система забезпечення функціонування виробництва, що включає ділянки зберігання і налаштування інструменту, складання пристосувань, миття деталей, технічного контролю, відділення для переукомплектовування, установки і переустановлення деталей; системи транспортування і зберігання деталей і інструментів, прибирання відходів виробництва (у тому числі стружки), подання олії і емульсії, а також ремонтні служби (у тому числі зайняті на роботах по механіці, гідропневмоавтоматиці і гідропневмоприводу, електроприводу і електрику по електроніці) [15].

Розглянемо це дещо детальніше.

Створення ГПС є невід'ємною частиною проектування або реконструкції підприємства з урахуванням принципів групового виробництва. Будь-яка ГПС включає два комплекси: виробничий і керуючо-обчислювальний. Помітимо, що міра автоматизації і відповідно доля функцій управління, покладених на комп'ютерну керуючо-обчислювальну систему, може бути різною. Проте усі необхідні для цієї виробничої системи функції управління повинні виконуватися. Частина цих функцій виконується комп'ютерним комплексом, а частина — персоналом, що керує. Таким чином, система управління ГПС в загальному випадку є людино-машинним комплексом.

Виробничий комплекс включає власне виробничу систему і систему забезпечення функціонування виробництвом (СОП) [15].

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок на міцність розглядаємої деталі виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 4.1.

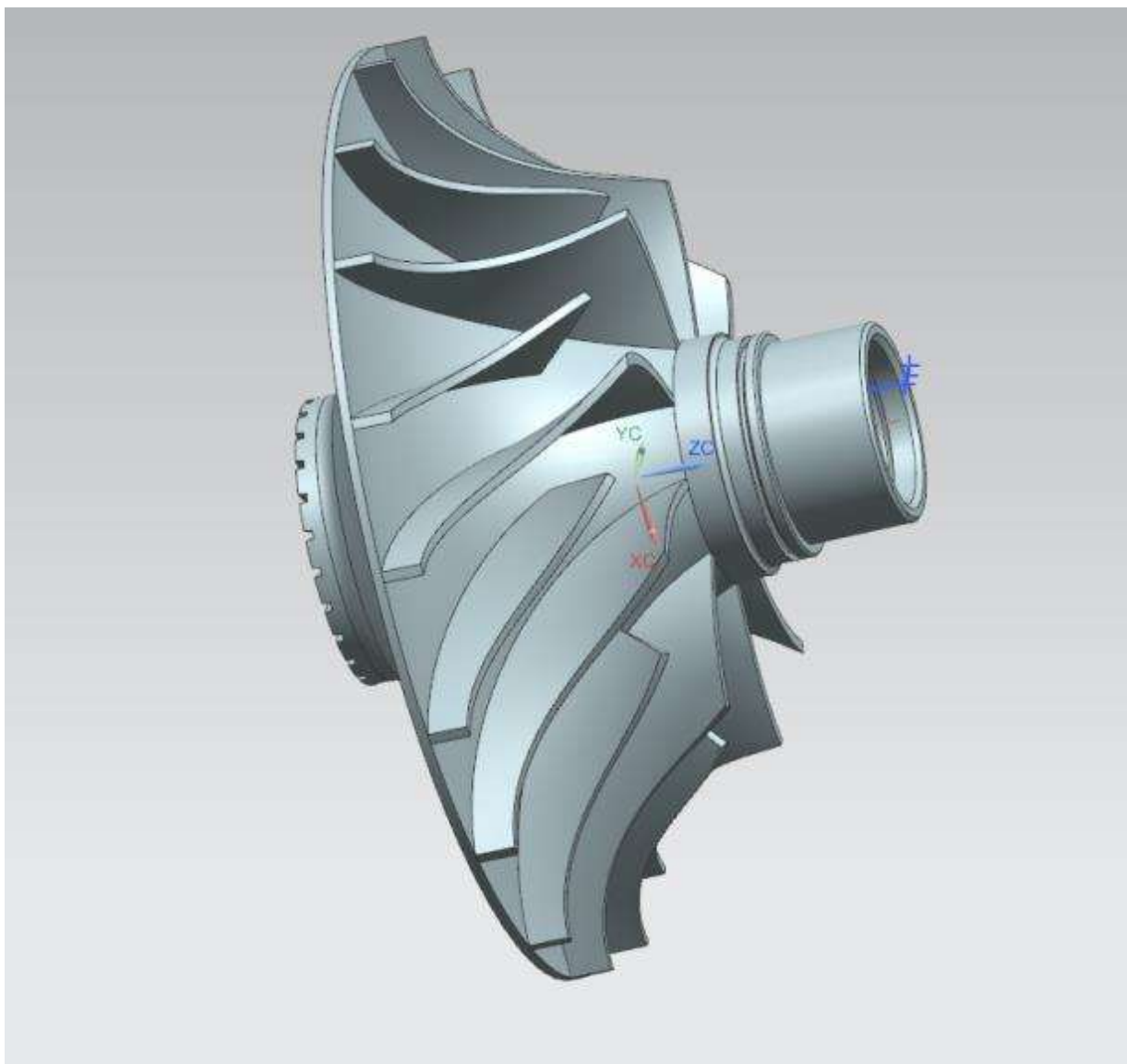


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель відцентрового колеса

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, результат показано на рисунку 4.2.

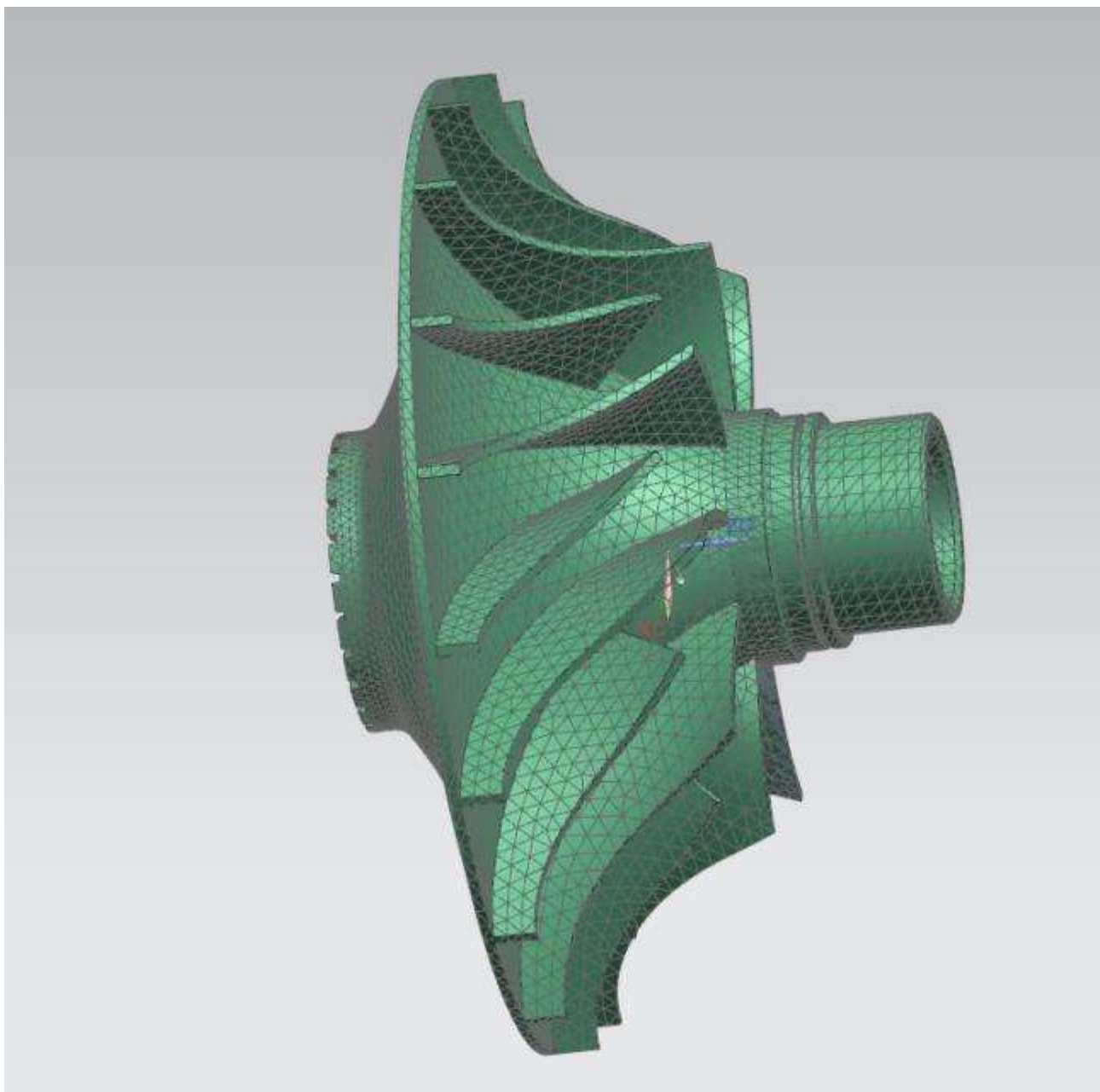


Рисунок 4.2 – Модель відцентрового колеса розбита на сітку кінцевих елементів

Далі відбувається прикладення обмежень та навантажень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 4.3).

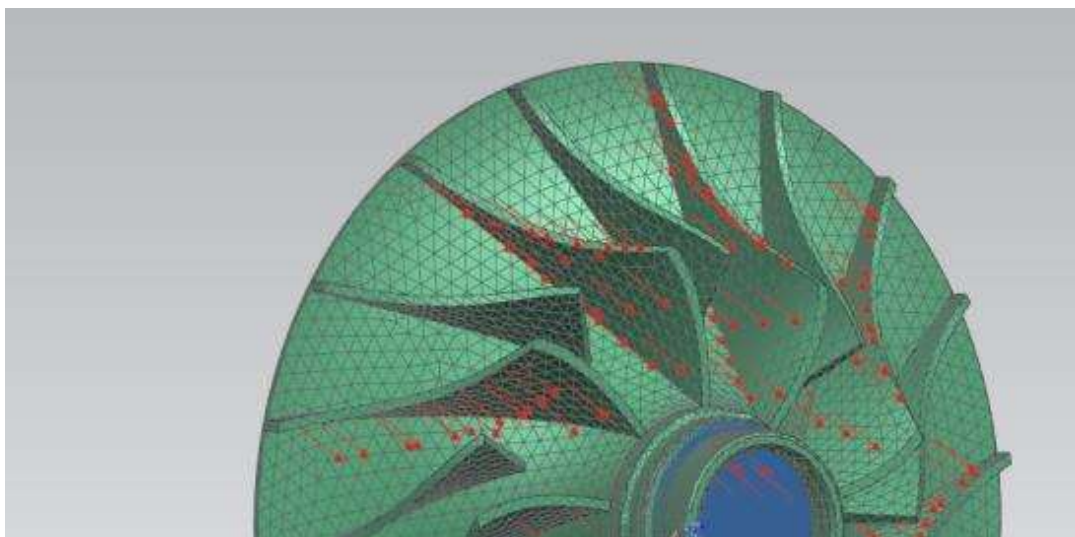


Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок напружено-деформованого стану (рисунок 4.4).

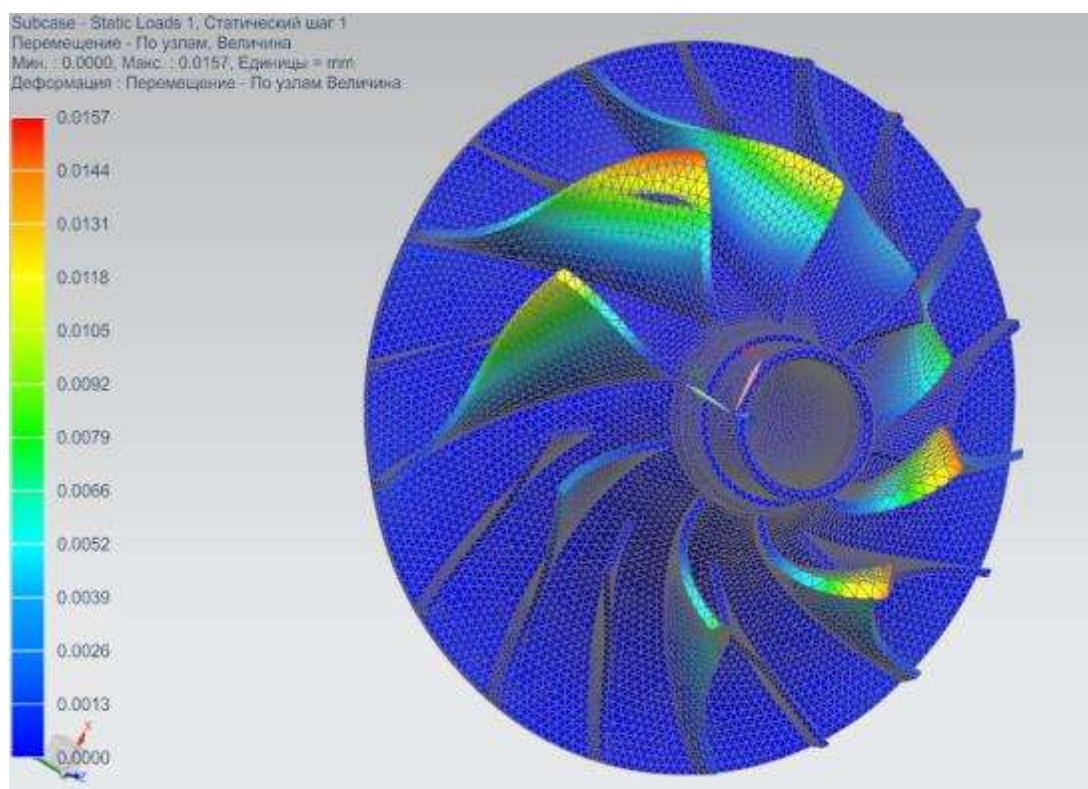


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку напружено-деформованого стану диску

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом будуть лопатки відцентрового колеса і для того щоби підвищити міцність деталі необхідно виконувати зміцнення лопаток.

5 СПЕЦЗАВДАННЯ

Особливості зміцнення моноколіс динамічними методами ППД

Підвищення експлуатаційних характеристик газотурбінних двигунів : енергоозброєності, ресурсу, надійності і економічності при одночасному забезпеченні ефективності їх серійного виробництва і збільшення ресурсу, - є одним з найважливіших завдань розвитку і конкурентоспроможності авіаційної техніки [15].

Одним з ефективних шляхів підвищення довговічності деталей сучасних газотурбінних двигунів є обробки поверхні, що обробний-зміцнюють методи.

Нині існує досить велика кількість різних технологічних методів підвищення якості поверхневого шару деталей. У авіа-двигуно-будуванні найбільш широке застосування знайшли методи поверхнево-пластичної деформації (ППД) і, в першу чергу, зміцнення кульками в ультразвуковому полі або на спеціальних пневмодробоструменевих установках. Основною гідністю застосування методів ППД в порівнянні з іншими відомими методами управління параметрами якості поверхневого шару є висока ефективність, дешевизна і можливість застосування для обробки складно профільних аеродинамічних поверхонь деталей авіаційних двигунів [15].

Проте, безперервне підвищення рівня механічної навантаженості основних деталей двигунів нового покоління і ускладнення їх геометрії вимагає подальшого розвитку технології обробно-зміцнюючої обробки поверхонь.

З метою подальшого підвищення результативності зміцнення дробом останнім часом запропонований ряд нових методів : використання охолодженого до негативної температури дробу, активний контроль залишкової напруги в процесі зміцнення, зміцнення деталей в нагрітому стані і інші. Одній з прогресивних технологій підвищення здатності деталей, працюючих при знакозмінних навантаженнях, що несе, є комбіноване зміцнення кульками.

У літературі є зведення про застосування технології комбінованого зміцнення для формування сприятливих параметрів поверхневого шару деталей з

різних матеріалів. Незважаючи на це, істотними чинниками, стримуючими впровадження комбінованого зміцнення у виробництво деталей авіаційних двигунів, являються суперечність наявної інформації і недостатність досліджень впливу значної пластичної деформації тонкого поверхневого шару при ППД на його здатність чинити опір руйнуванню [15].

Незважаючи на досить велику кількість досліджень технології комбінованого зміцнення, нині в літературі відсутня однозначна відповідь на питання про ефективність застосування такої обробки для деталей типу дисків і моноколів, що виготовляються з жароміцних титанових сплавів.

Однією з основних деталей ротора, яка лімітує призначений ресурс роботи допоміжної силової установки AI-450MC, є моноколесо відцентрового компресора.

Відцентрове колесо компресора (ЦБК) виготовляють з титанових сплавів BT25У і BT8-1, що характеризуються поганою оброблюваністю різанням і несприятливою технологічною спадковістю.

Відсутність нині науково-обґрунтованих технологічних рекомендацій по обробно-зміцнюючій обробці деталей такого класу є причиною того, що технологічний процес виготовлення сучасних відцентрових моноколів будується на базі технологій, вживаних для виготовлення відцентрових колів компресорів з легких сплавів [15].

При цьому, в поверхневому шарі лопаток формується несприятливий напружено-деформований стан, що призводить до руйнування лопаток і дострокового зняття двигунів з експлуатації.

У зв'язку з цим розробка сучасного, науково-обґрунтованого забезпечення характеристик якості складно профільних аеродинамічних поверхонь лопаток відцентрових колів компресорів з титанових сплавів технологічними методами є важливим і актуальним науково-технічним завданням сучасного авіа-двигунобудування.

Загальний вигляд моноколеса компресора допоміжної силової установки AI-450MC показаний на рис. 5.1 [15].

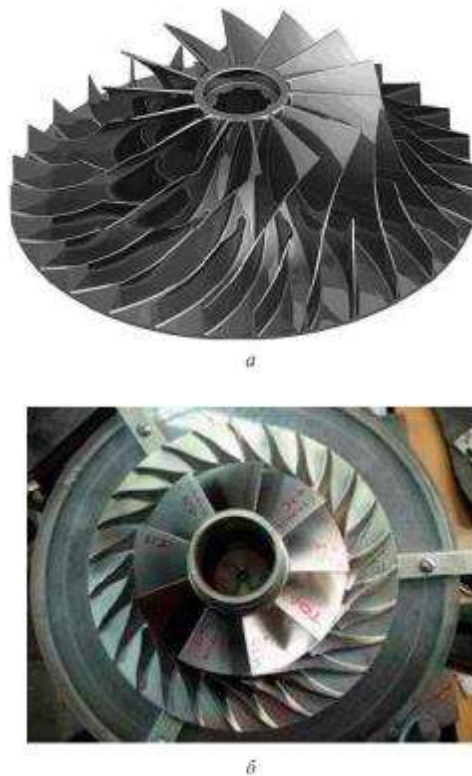


Рисунок 5.1 – Моноколесо компресора допоміжної силової установки AI-450МС

Параметри якості поверхні (шорсткість) і поверхневого шару (залишкову напругу, міру наклепу, макроструктуру) лопаток і маточини моноколеса контролювали безпосередньо після високошвидкісного фрезерування, а також на остаточно обробленому, згідно досвідченої технології, моноколесі.

Досліджували лопатки, оброблені за різними технологічними схемами. В процесі обробки сектор моноколеса, лопатки якого не підлягали обробці, закривали спеціальним пристосуванням і заклеювали захисною стрічкою.

Сектори з лопатками моноколеса обробляли за наступними технологічними схемами [15]:

1. Початкова, після обробки згідно із заводським технологічним процесом.
2. Високошвидкісне фрезерування (ВСФ).
3. Ультразвукове зміцнення (УЗУ) згідно з вимогами технологічного процесу.
4. УЗУ в хвильовому концентраторі типу «тор».
5. УЗУ в хвильовому концентраторі типу «склянка».

6. УЗУ в хвильовому концентраторі типу «тор» +
обробка скляними мікро кульками (ПДУ).

7. УЗУ в хвильовому концентраторі типу «склянка» + аерозольно-
гідродинамічна обробка (АГД)

8. ВСФ+ПДУ

9. ВСФ+АГД

Після обробки моноколеса, вирізували довгі лопатки (що мають огорожну частину), з яких вирізували зразки для дослідження якості поверхні і поверхневого шару (рис. 5.2.) Вирізку зразків з лопаток здійснювали електроерозійним способом дротяним електродом на верстаті «Robofil 4020SI» [15].

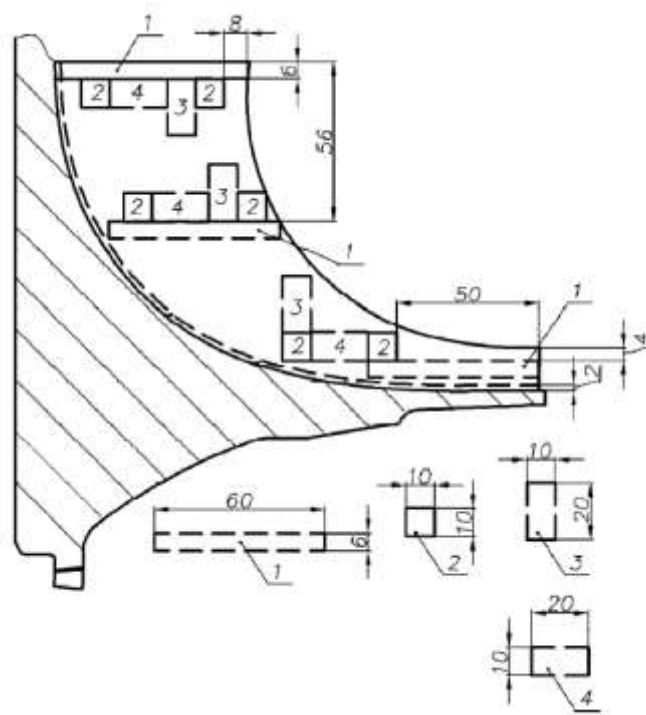


Рисунок 5.2 – Схема вирізки зразків

Деформаційне зміцнення поверхневого шару аеродинамічних поверхонь лопаток здійснювали методом поверхневої пластичної деформації в просторово-обмеженому об'ємі за рахунок кінетичної енергії сталевих кульок в ультразвуковому полі.

У якості оснащення було обрано: ультразвуковий генератор УЗГ-2-10 із зворотним зв'язком; магнітострикційний перетворювач ПМС-15А-18; зміцнюючі тіла - сталеві кульки по ГОСТ 3722-81. Частота коливань хвильового концентратора складала 17,5 кГц, що відповідало резонансній частоті системи «Концентратор-зміцнюючі тіла». Резонансну частоту визначали за максимальною величиною кінетичної енергії кульок за допомогою датчика інтенсивності зміцнення і величиною звукового тиску, що створюється стінками концентратора [15].

Зміцнення здійснювали за двома схемами: схема *а* - зміцнення в торообразному концентраторі з великою кривизною тора, схема *б* - зміцнення в концентраторі типу «склянка» при горизонтальному розташуванні зразків (рис. 5.3).

При обробці за схемою *а* колесо розташовується у внутрішній порожнині концентратора і нерухомо відносно його випромінюючих поверхонь.

При цьому проточна частина колеса звернена до випромінюючого торця концентратора (перпендикулярно руху кульок), а вісь колеса співпадає з віссю концентратора. Концентратор для такої схеми зміцнення - циліндричний камертоного типу [15].

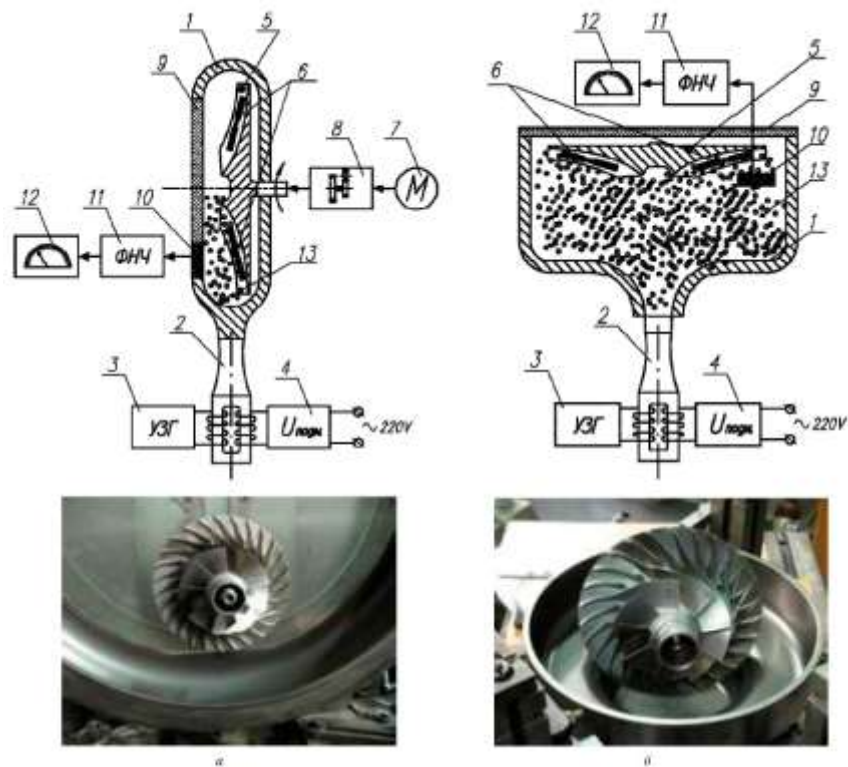


Рисунок 5.3 - Конструкція хвильових концентраторів, вживаних для ультразвукового зміцнення : *а* - концентратор типу «тор», *б* - концентратор типу «склянка»: 1 - концентратор; 2 - магнітострикційний перетворювач; 3 - ультразвуковий генератор УЗГ2-4М; 4 - система підмагнічування; 5 - пристосування імітує натурне ЦБК; 6 - зміцнювані лопатки; 7 - електродвигун; 8 - редуктор; 9 - екран; 10 - датчик інтенсивності зміцнення; 11 - фільтр нижніх частот; 12 - електронний мілівольтметр змінної напруги ВЗ-55 [15]

Моноколесо зміцнювали секторами. Для захисту секторів моноколеса, які не піддавали зміцненню, використали спеціальне пристосування (рис. 5.4). Відкритий сектор моноколеса включав одну велику лопатку і оточення її дві середні і малі лопатки. Зміцнення лопаток у складі такого пристосування повністю імітувало геометричні особливості зміцнення, пов'язані із складним профілем лопаток і особливостями їх розташування.

Деформаційне зміцнення поверхневого шару лопаток пневмодробоструменевому способом (ПДУ) здійснювали послідовно, з двох

сторін, скляними мікрокульками діаметром 70...80мкм на пневмодробоструменевої установці (рис. 5.5).

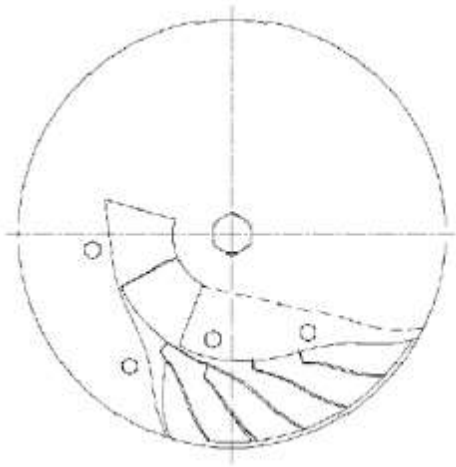


Рисунок 5.4 - Пристосування для зміцнення сектора моноколеса компресора



Рисунок 5.5 - Загальний вигляд моноколеса компресора в робочій зоні установки для ПДУ

Режими зміцнення : тиск перед соплом - 0,5 МПа; відстань від зрізу сопла до зміцнюваної поверхні - 15s 30 мм; сумарне число проходів по спинці і кориту лопаток - 5.

Аерозольно-гідродинамічну обробку (АГД) виконували для лопаток моноколеса компресора з метою поліпшення якості поверхні корита і спинки

гідро-газодинамічним потоком водної суспензії. Поверхню пера лопаток зміцнювали рядками шириною 7 10 мм. Швидкість проходу складала 8...12 мм/с.

Дослідження величини і характеру поширення в поверхневому шарі зразків і натурних лопаток моноколеса компресора залишкової напруги здійснювали методом Давіденкова.

Зразки, для збереження істинної картини напруженого стану, вирізували електроерозійним методом, металевою «струною».

Дослідження мікроструктури виконували для поверхневого шару лопаток моноколеса, оброблених по усіх варіантах технологічних схем. Мікроструктуру досліджували в поверхневому шарі і в серцевині лопаток з метою виявлення структурних змін після оброблювано-зміцнюючих методів обробки.

Для оцінки впливу досліджених методів оброблювано-зміцнюючої обробки лопаток моноколеса на опір циклічним навантаженням проводили випробування на довговічність при циклічному вигині. Випробуванню піддавало не менше трьох зразків, вирізаних з лопаток, оброблених по одній з технологій.

Аналіз гістограми параметрів шорсткості поверхні спинки лопаток моноколеса після різних методів оброблювано-зміцнюючої обробки (рис. 5.6) показує, що максимальна величина шорсткості і її розсіяння спостерігається після абразивно-гідродинамічної обробки.

Отримані результати являються, ймовірно, слідством того, що при абразивно-гідродинамічній обробці не відбувається усунення слідів від попередньої механічної обробки.

Нестабільність кута нахилу «факела» струменя і відстані від зрізу сопла до поверхні лопатки пов'язано з особливостями геометрії лопаток і «ручним» управлінням процесом, що призводить до нестабільності шорсткості по довжині пера лопатки. Аналогічна картина спостерігається і при обробці пневмо-дробеструйним методом скляними мікрокульками.

Після оброблювано-зміцнюючої обробки лопаток сталевими кульками в ультразвуковому полі спостерігається мінімальна величина шорсткості пера і розсіяння вимірюваної величини.

Найбільш оптимальним методом обробки, з точки зору шорсткості пера лопаток, являється зміцнення сталевими кульками в ультразвуковому полі в хвильовому концентраторі типу «тор».

Дослідження залишкової напруги показали, що комбіноване зміцнення приводить до формування в поверхневому шарі рівномірно розподіленої залишкової напруги стискування (рис. 5.7). Перепад напруги безпосередньо на поверхні зразків і в підслойної області з усіх досліджених методів зміцнення мінімальний у разі комбінованої обробки. Величина напруги визначається рівнем залишкової напруги, викликаній при зміцненні макро- і мікрокульками, проте арифметичного складання епюр не спостерігається.

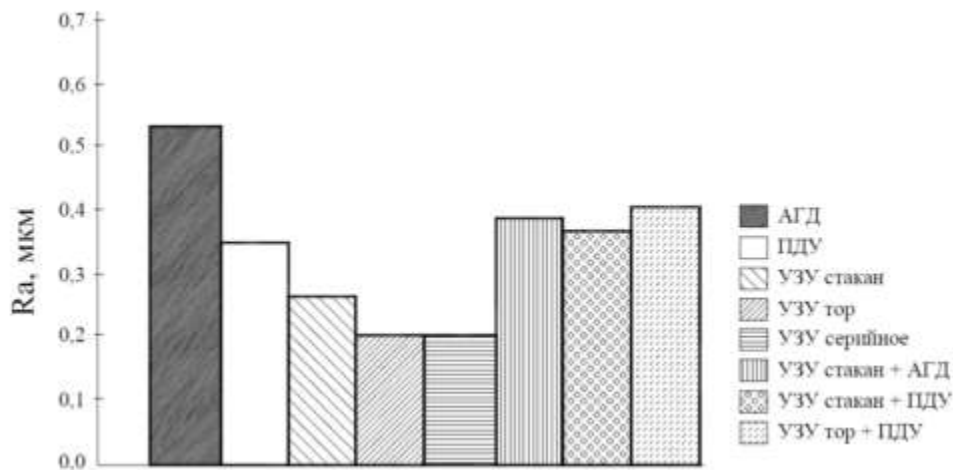


Рисунок 5.6 - Шорсткість поверхні спинки лопаток моноколеса (R_a , мкм) після різних методів обробної зміцнюючої обробки

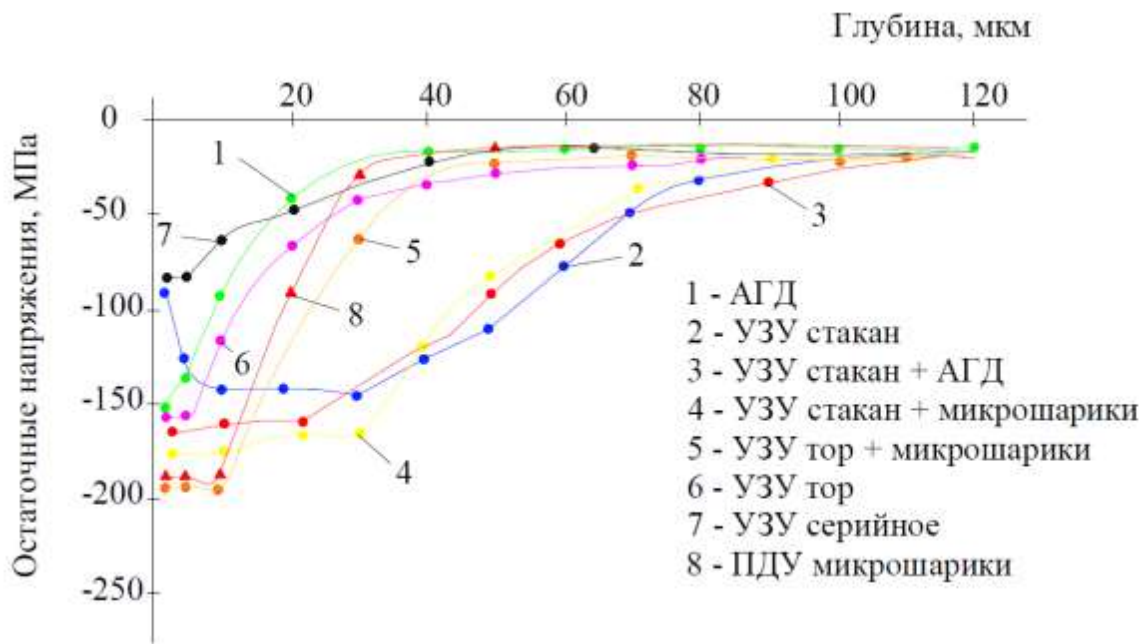


Рисунок 5.7 - Епюри залишкової напруги для різних технологій зміцнення

Максимальний рівень стискуючої напруги спостерігається при використанні технології комбінованої обробки, а саме: зміцнення УЗУ «склянка»+АГД і УЗУ «склянка»+ ПДУ. З точки зору залишкової напруги ці технології є найбільш ефективними.

Дослідження мікротвердості поверхні дозволили встановити міру наклепу поверхневого шару пера лопаток моноколеса залежно від технології оброблювано-зміцнюючої обробки. Максимальне значення міри наклепу поверхневого шару спостерігається при зміцненні лопаток сталевими кульками в ультразвуковому полі (таблиця. 5.1). Очевидно, при цій схемі зміцнення перо лопаток піддається найбільш інтенсивній дії тих, що зміцнюють тіло. При цьому, враховуючи незначні деформації, що викликаються кожною кулькою окремо, забоїн кромки лопаток не спостерігалось.

Подальше застосування пневмодробструменевого зміцнення скляними мікрокульками або аерозольно-гідродинамічної обробки сприяє незначному зниженню наклепання поверхні. Враховуючи, що раціональна міра наклепання поверхневого шару для деталей з титанових сплавів знаходиться в діапазоні

20...25 %, застосування ультразвукового зміцнення в хвильовому концентраторі типу «тор» є найбільш ефективним способом підвищення міцності поверхневих шарів металу.

Таблиця 5.1 - Результати дослідження наклепу поверхневого шару пера лопаток

Технологія обробки	Міра наклепу, %
УЗУ(тор)	6,15
УЗУ+ПДУ(мікрокульки)	18,05
АГД	5,60
УЗУ(серійна технологія)	12,59
ПДУ(мікрокульки)	14,72
УЗУ(склянка)	18,44
УЗУ+АГД	17,95
УЗУ +ПДУ(мікрокульки)	13,63

Початкова структура досліджуваного сплаву формується в результаті спеціальної термічної обробки, що включає загартування, відпустку і дисперсійне тверднення.

В процесі оброблювано-зміцнюючої обробки, поверхневий шар піддається силовій і тепловій дії. Така комбінована дія може призводити до деформаційних і теплових змін елементів структури матеріалу - текстурування, коагуляції і полігонізації вторинної α - фази.

Мікроструктура лопаток була зернами первинної α - фази і зерна другій, - β - фази (рис. 5.8). Мікроструктура поверхневого шару усіх лопаток і серцевини за розміром коагульованої первинної α - фази, розміром первинного β - зерна і розміром пластин вторинної α - фази (довжині і товщині) ідентична.

Наявність в структурі β - фази вторинної α - фази забезпечує дисперсійне тверднення матеріалу поверхневого шару лопаток, визначаючи необхідний рівень механічних властивостей і жароміцності. Однакова кількість вторинної α - фази по

усьому перерізу лопатки свідчить про відсутність тенденції до її коагуляції, полігонізації і яким-небудь іншим змінам під дією теплового чинника.

Ідентичність форми і розміру зерен свідчить про відсутність змін під впливом силового чинника при обробці поверхні лопаток моноколеса.

Результати дослідження показали (рис. 5.8), що мікроструктура поверхневого шару усіх досліджених лопаток і серцевини ідентична і відповідає вимогам, що пред'являються до «дискової» структури жароміцних титанових сплавів.

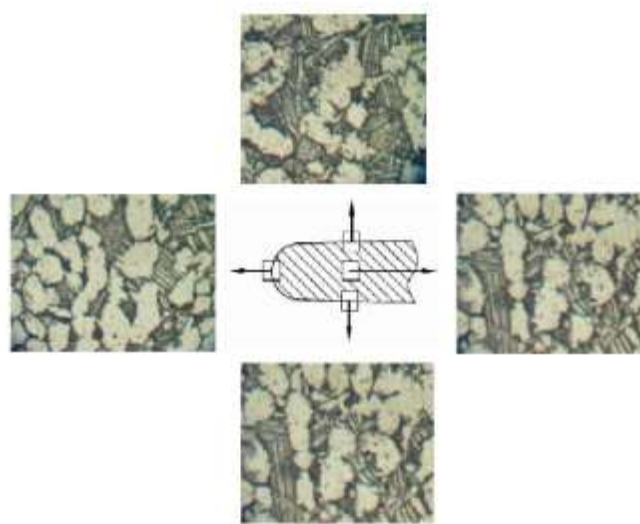


Рисунок 5.8 - Мікроструктура різних зон лопатки моноколеса після оброблювано-зміцнюючих методів обробки ($\times 1200$)

Відсутність змін в мікроструктурі поверхневого шару свідчить про те, що усі досліджені методи обробки поверхневого шару не приводять до порушення спеціальної структури сплаву, сформованої в результаті попередньої термообробки.

На підставі дослідження восьми альтернативних оброблювано-зміцнюючих технологій лопаток моноколес з титанових сплавів за критеріями: залишкової напруги в поверхневому шарі, параметрів наклепу поверхневого шару, шорсткості поверхні лопаток моноколеса, а також довговічності, встановлено, що найбільш ефективною є технологія комбінованого зміцнення. При цьому забезпечується

незначне підвищення абсолютного значення шорсткості поверхні, але знижується величина його розсіювання, відбувається формування в поверхневому шарі значного рівня стискуючої напруги, рівномірний їх розподіл по глибині поверхневого шару, формування оптимальних показників міри наклепу, а також забезпечується максимальна довговічність.

Таким чином, встановлено, що для серійного виробництва комбіноване деформаційне зміцнення поверхневого шару лопаток сталевими кульками на ультразвуковій установці і скляними кульками пневмодробеструйним методом є ефективним технологічним методом підвищення здатності роботи моноколеса.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Визначимо річний економічний ефект від впровадження замість звичайної установки ультразвукового зміцнення, установки оптимізованої конструкції, який порівняно з попереднім потребує більших витрат на виготовлення, але є продуктивнішим, має більший термін служби, потребує менших витрат споживача. Вихідні дані наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Варіант	
	Звичайний шліфувальний круг	Оптимізований
Річний обсяг виробництва деталей, шт.	10000	10000
Собівартість установки, грн.	1500	2100
Питомі капітальні вкладення, грн.	6900	8800
Продуктивність круга, тис. деталей	5000	10000
Термін служби, років	5	10
Річні експлуатаційні витрати споживача, грн.	16,85	5,21
Супутні витрати споживача, грн.	74,0	63,5
Нормативний параметр прибутковості інвестицій E	0,15	0,15

Визначемо приведені витрати за обома варіантами:

$$Z = C + E \times K \quad (6.1)$$

де C – витрати на одиницю продукції, що виготовляється споживачем при використанні базового і нового предмета праці без урахування їх вартості;

E – нормативний параметр прибутковості інвестицій;

K – питомі капіталовкладення i -го варіанта

$$Z_1 = 1500 + 0,15 \times 6900 = 1603,5 \text{ грн}$$

$$Z_2 = 2100 + 0,15 \times 8800 = 2232,0 \text{ грн}$$

Розрахуємо річний економічний ефект

$$E = \left(Z_1 \times \frac{P_2 \times (T_2 + E)}{P_1 \times (T_1 + E)} + \frac{B_1 - B_2 - E \times (K_1 - K_2)}{T_2 + E} - Z_2 \right) \times N \quad (6.2)$$

де Z —приведені витрати у розрахунку на одиницю відповідно базової і нової конструкції;

P_1, P_2 — річний обсяг продукції, виготовленої при використанні відповідно базової і нової конструкції;

T_1, T_2 — параметри реновації (розраховуються як величини, обернені до терміну служби);

B_1, B_2 — річні експлуатаційні витрати у споживача при використанні відповідно базової і нової конструкції;

K_1, K_2 — супутні капіталовкладення споживача при використанні базової і нової конструкції у розрахунку на весь обсяг продукції, що виготовляється за допомогою нового варіанта;

N - річний обсяг виробництва засобу праці нової конструкції.

$$E = \left(1603,5 \times \frac{10000 \times (0,2 + 0,15)}{5000 \times (0,14 + 0,15)} + \frac{16,85 - 5,21 - 0,15 \times (63,5 - 74,0)}{0,14 + 0,15} - 2232,0 \right) \times 10000 = 16732000 \text{ грн}$$

Відповідно річний економічний ефект від впровадження нового верстату становить 16732000грн

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

При виконанні даної магістерської роботи проводиться складання ТП виготовлення деталі «Моноколесо». З огляду на це відповіді на поставлені питання у даному розділі будуть дані відносно роботи у механічному цеху.

У додатку В будуть розглянуті такі питання, як: повна характеристика ділянки механічної обробки деталей з точки зору безпеки проведення робіт, наведена характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини процесі праці.

Недотримання правил і вимог нормативно-правових актів та законів України може призвести до негативних наслідків, травмуванню або погіршенню здоров'я фахівців, появі професійних захворювань, втраті працездатності працівника.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, розроблений технологічний процес обробки відцентрового колеса.

Обрано і економічно обґрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки деталі на верстатах з ЧПУ для токарної операції.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектвані верстатні пристосування дозволяють швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах великосерійного виробництва дуже важливо.

Виконано спеціальне завдання на тему особливості зміцнення моноколів динамічними методами ППД.

У частині з охорони праці приведена повна характеристика ділянки механічної обробки деталей з точки зору безпеки проведення робіт, наведена характеристика виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення відцентрового колеса.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102 усіх форм навчання / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексеєнко, Д.В. Павленко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р.. – 78 с.
2. Технологический процесс: ОАО «Мотор Сич», 1992. – 245с.
3. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
4. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
5. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
6. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
7. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вышэйшая школа», 1986г. – 237с.
8. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
9. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проектування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
10. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
11. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.
12. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С. Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье, изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461

13. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
14. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/ Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров 2 – е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. - 240 с.
15. https://studbooks.net/2573300/tovarovedenie/razvitie_avtomatizatsii_napravlenii_tehnologicheskoy_gibkosti_shirokogo_primeneniya
16. А. Я. Качан, А. В. Богуслаев, Д. В. Павленко, С. В. Мозговой
Отделочно-упрочняющие технологии обработки лопаток моноколес современных газотурбинных двигателей // Вісник двигунобудування. 2010. №1.

Специфікація на робоче креслення

[illegible]

ДОДАТОК В

ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час технологічного процесу виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:
 - а) нерационального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам [B1];
 - б) захаращення заготівками і деталями робочого місця;
 - в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготівок та деталей;
 - г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорохо-ватістю на поверхні заготівок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.
2. Опіки можливі при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец.одягу [B2].
3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя [B3].
4. Ураження електричним струмом, внаслідок несправності електродобладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку [B4];
6. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.
7. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

8. Недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю, або хибного вибору освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору;

9. Підвищений рівень шуму, що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призведе до роздратованості, збільшенню помилок, в окремих випадках - до погіршення слуху.

10. Незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання.

11. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі [B4];

12. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, які призводять до паніки та загибелі людей.

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища [B3].

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пи́л в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога). [B5]

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила

устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок» [B6, B7].

Відповідно до вимог ПУЕ в електроустаткуванні застосовують такі системи засобів: захисне заземлення ізоляції токоведучих частин, захисне відключення, напруга (до 42 В) для переносного освітлення і роботи електроінструменту, повна недоступність працівників до неізольованих проводів.

Відповідно до вимог ГОСТ 12.1.009-76 (1999) «ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения» обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом;

- додаткову ізоляцію – для захисту від ураження електричним струмом на випадок пошкодження робочої ізоляції.

Згідно з ГОСТом 12.2.007.0-75* (2001) «ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности» електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом.

Захисні засоби безпеки електроустаткування будинків виконуються відповідно вимога ПУЕ і ГОСТ 12.2.007.0-75* (2001). Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА [B6].

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неухважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне

розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготівки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей [В8].

Відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин», НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями») в конструкторському бюро та інших робочих кімнатах, де співробітники застосовують персональні комп'ютери (ПК), площа на одне робоче місце становить не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³. Конструкція робочого столу має відповідати сучасним вимогам ергономіки і забезпечувати оптимальне розміщення на робочій поверхні використовуваного обладнання (ПК, дисплея, клавіатури, принтера) і документів. Висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ має регулюватися в межах 680...800 мм, а ширина і глибина - забезпечувати можливість виконання операцій у зоні досяжності моторного поля (рекомендовані розміри: 600...1400 мм, глибина - 800...1000 мм). Робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше ніж 600 мм, завширшки не менше ніж 500 мм, завглибшки (на рівні колін) не менше ніж 450 мм, на рівні простягнутої ноги - ніж 650 мм. Робочий стілець має бути підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом і нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння поверхня сидіння має бути плоскою, передній край - заокругленим. Обладнання і організація робочого місця працюючих з ВДТ ЕОМ і ПЕОМ мають забезпечувати відповідність конструкції всіх елементів робочого місця та їх взаємного розташування ергономічним вимогам з урахуванням

характеру і особливостей трудової діяльності згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [B9, B10].

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, що відповідає вимогам НПАОП 63.11-7.02-87 ОСТ 113.18-014-87 «ССБТ. Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки». На дільниці передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників», затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118)” [B11].

Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. [B1] Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження.

З метою зниження нервово-емоційного напруження, стомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втоми, передбачені перерви у роботі – 15 хвилин кожні дві години, а також спеціально обладнане приміщення – кімната відпочинку.

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи [B13].

Таким чином, кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних захисних засобів та вміння надати першу медичну допомогу при невідкладних станах.

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [B9, B10, B14].

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до

оптимальні значення параметрів мікроклімату:

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;

- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання». [B15].

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5% [B16].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочий поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітленні на дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП,з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин [B5].

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою:

створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників.

Рівні вібрації під час верстатних робіт перевищують допустимі значення, що визначені в ДСН 3.3.6.039-99 «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації» і ДСТУ ГОСТ 12.1.012:2008 «ССБП. Вібраційна безпека. Загальні вимоги» [B17].

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття.

1. Приміщення, що обладнане ПК з ВДТ і розміщені робочі місця з ПК, спроектовано і організовано згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [B9, B17].

2. Приміщення категорій А і Б (ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания», а також виробництва з мокрими технологічними процесами поряд з приміщеннями, де розташовуються ЕОМ, виконується їх обслуговування, налагодження і ремонт не передбачається.

3. Виробничі приміщення, в яких розташовані ЕОМ, не межують з приміщеннями, де рівні шуму та вібрації перевищують норму (механічні цехи, майстерні тощо).

4. Робоча кімната, де розташовані комп'ютери знаходиться на другому поверсі, т.б. відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами

електронно-обчислювальних машин» враховано, що неприпустимим є розташування приміщень, призначених для роботи з ВДТ у підвалах та цокольних поверхах [В9].

Площу приміщення, в якому розташовують відеотермінали, визначено згідно з чинними нормативними документами з розрахунку, що для забезпечення виробничого процесу необхідним є застосування 4 комп'ютерів.

Планування розміщення комп'ютеризованих робочих місць у приміщенні проводимо із врахуванням наступних вимог:

- робочі місця з ВДТ розміщуються на відстані не менше 1 м від стіни зі світловими прорізами;
- відстань між бічними поверхнями ВДТ має бути не менше за 1,2 м;
- відстань між тильною поверхнею одного ВДТ та екраном іншого не повинна бути меншою за 2,5 м;
- прохід між рядами робочих місць має бути не меншим 1 м.
- площа на одне робоче місце, обладнане відеотерміналом - не менше $6,0 \text{ м}^2$ [В9, В10].
- об'єм - не менше $20,0 \text{ м}^3$, з урахуванням максимальної кількості осіб, які одночасно працюють у зміні [В9, В10].

Врахуємо також розміри меблів на комп'ютеризованих робочих місцях, зокрема робочого столу. Відповідно до ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» рекомендовані розміри столу для робочого місця з ВДТ становлять: висота – 725 мм, ширина – 600-1400 мм, глибина – 800-1000 мм.

Приймаємо, що робочий стіл має такі розміри: ширина – 1200 мм, глибина – 800 мм.

Найкращим є розмістити комп'ютеризовані робочі місця в два ряди вздовж стіни з вікнами. Це дасть змогу унеможливити дзеркальне відбиття на екрані ВДТ джерел природного світла (вікон) та потрапляння останніх у поле

зору операторів, що погіршує умови їх зорової роботи. Таким чином, оскільки площа приміщення становить $S_{\text{пр}} = 30,0 \text{ м}^2$, а площа, на якій розташовується одне робоче місце з ВДТ, відповідно до вимог ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» повинна становити не менше $6,0 \text{ м}^2$, то в даному приміщенні можна розмістити щонайбільше чотири комп'ютеризованих робочих місця [В9]. Такої кількості достатньо для технічного переоснащення виробництва. Перевіримо, чи відповідає це число нормативу щодо мінімального об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ ($V_{\text{р.м.мін}} = 20 \text{ м}^3$), згідно з ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин». Якщо висота приміщення 4 метра, об'єм приміщення становить 120 м^3 , а об'єм, що припадає на одне комп'ютеризоване робоче місце - $V_{\text{р.м.}} = 30 \text{ м}^3$. Таким чином, норматив щодо об'єму приміщення на одне робоче місце з ВДТ виконується.

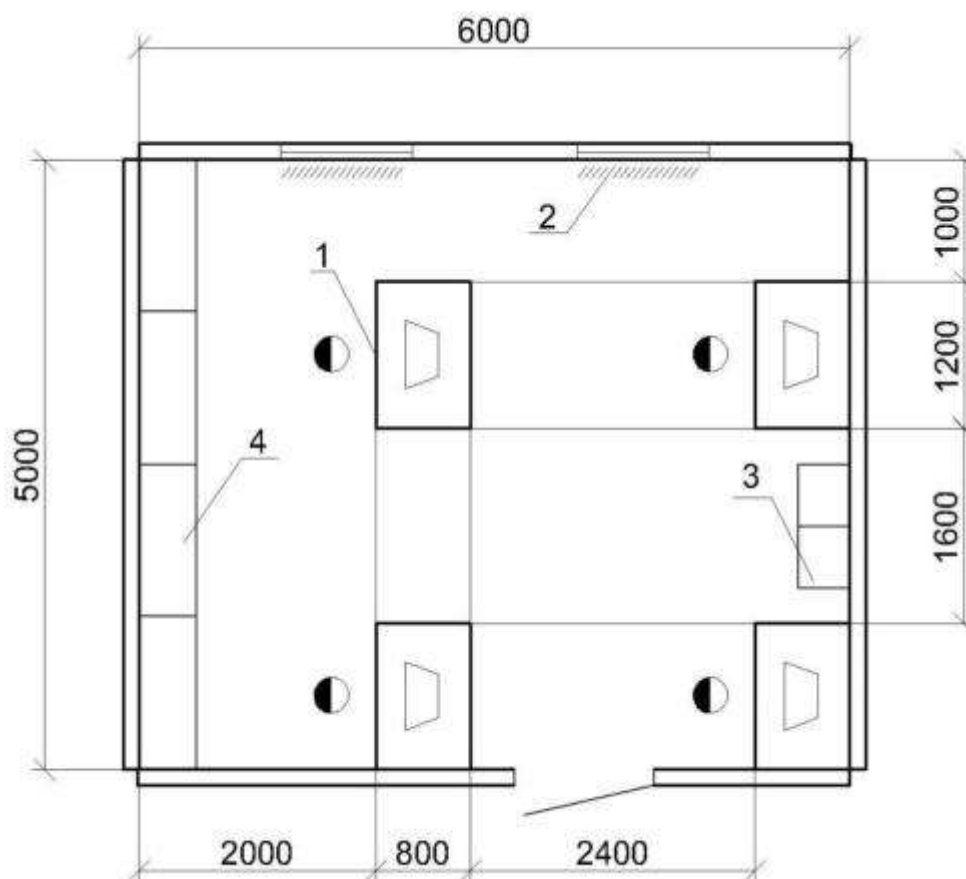


Рисунок 7.1 – План виробничого приміщення з комп'ютеризованими робочими місцями: 1- комп'ютеризоване робоче місце з ВДТ; 2- сонцезахисні жалюзі; 3- шафи для зберігання дискет та програмного забезпечення; 4- шафи для зберігання документації та фахової літератури.

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії та механічної дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [В18].

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок (верстати), що

перебувають під напругою до 1000 В. [B18].

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухо-пожежною та пожежною безпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухо-пожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані [B19].

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II [B19].

Згідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», на випадок пожежі передбачені два шляхи евакуації працівників із адміністративних приміщень та два евакуаційних виходи з механічної дільниці. Максимальне видалення від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу, згідно п.2.29 СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» становить 70 метрів.

Приміщення механічної дільниці та дослідницької лабораторії, в якій розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування і обладнання, належить до пожежанебезпечної зони, класу П-Па, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44 [B6].

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких

не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду [B20].

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДІП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежо-небезпечності у завищуваному приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я.

Враховуючи пожежну безпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3) [B20].

Планування і підготовка до майбутнього проведення РІНР неможливі без прогнозування (передбачення) обстановки, яка може скластися в можливих вогнищах ураження. Безупинний розвиток засобів ураження і поглядів на їхнє застосування вимагає систематичної роботи з удосконалювання методики прогнозування обстановки і подальшого коректування відповідних розділів планів ЦЗ [B21].

Прогнозування й оцінка обстановки можуть здійснюватися як до нападу, так і за попередніми даними про результати фактичного застосування супротивником ЗМУ із наступним їх уточненням даними розвідки.

До нападу супротивника прогнозування проводиться на основі вихідних даних, які характеризують вражаючі фактори сучасної зброї,

місцеві умови і можливості, що впливають на виконання завдань ЦЗ, а саме: фізико-географічні, метеорологічні, санітарно-епідемічні умови; наявність людських і матеріальних ресурсів; стан транспорту, зв'язку; характер забудови міст та інших населених пунктів; стан ЦЗ (забезпеченість захисними спорудами і ЗІЗ, підготовка заміської зони; впровадження «Норм проектування інженерно-технічних заходів ЦЗ», наявні сили і засоби); наявність ОНГ, при ушкодженні чи руйнуванні яких можуть утворитися вторинні вогнища ураження в результаті вибухів, пожеж, затоплення місцевості і поширення на ній СДОР та ін.

Особлива увага при прогнозуванні й оцінці обстановки приділяється захисту категорійованих міст і об'єктів народного господарства: визначаються ймовірні вогнища ураження, зони руйнувань, катастрофічних затоплень і РЗ, можливі втрати серед населення, сил і засобів ЦЗ. Також прогнозуються ступінь виходу з ладу транспорту, промислових і житлових будинків та споруд, комунально-енергетичних мереж і паливних систем, засобів зв'язку й інших систем, що забезпечують у цілому життєдіяльність міста, району, області, і очікуваний характер та обсяг робіт. На підставі прогнозу здійснюється розрахунок сил і засобів ЦЗ, необхідних для проведення РІНР.

Після нападу супротивника на основі початкових даних про параметри ядерних вибухів, характер і масштаб застосування інших видів ЗМУ також здійснюється прогнозування можливої обстановки, яка проводиться для вживання необхідних заходів захисту, для оцінки можливих втрат о. с. формувань ЦЗ, військ і населення, оцінки обсягу робіт з ліквідації наслідків нападу і для прийняття (уточнення) оптимального рішення на проведення РІНР. При цьому у вогнищах ядерного ураження (ВЯУ) оцінюється і пожежна обстановка, що необхідно для визначення обсягів і термінів виконання протипожежних заходів при проведенні РІНР, заходів щодо відновлення джерел пожежного водопостачання, а також для уточнення розрахунку сил і засобів та рішення на їх використання. Вихідними даними

для прогнозування й оцінки пожежної обстановки, крім параметрів ядерного вибуху, можуть бути швидкість і напрямок середнього і приземного вітру та інші матеріали попередньої оцінки.

Прогнозування можливої радіаційної обстановки проводиться з метою визначення масштабів і характеру РЗ місцевості, розробки і здійснення заходів, які виключають чи зменшують втрати від нього. Результати прогнозування є орієнтовними і слугують вихідними даними для організації радіаційної розвідки, захисту населення, сільськогосподарських тварин і рослин, використання транспортних магістралей в умовах зараження і т.д.

Радіаційна обстановка після застосування ЯЗ оцінюється за даними прогнозування, розвідки і дозиметричного контролю. При її оцінці визначаються зони РЗ місцевості, розраховуються дози радіації, які можуть одержати люди протягом того чи іншого часу перебування в зонах зараження і при їх проходженні, визначаються час початку роботи і кількість змін для проведення рятувальних робіт у вогнищі ураження, режими роботи ОГ і режими захисту населення в умовах РЗ. Результати оцінки дозволяють вибрати найбільш прийнятні способи дій сил ЦЗ у вогнищах ураження і намітити заходи щодо їх захисту. Дані про радіаційну обстановку потім уточнюються за даними повітряної, морської (річкової) розвідки й установ мережі спостереження і лабораторного контролю [B21].

Вогнища хімічного ураження (ВХУ) виникають у результаті застосування супротивником ОР, а також при руйнуванні хімічно небезпечних об'єктів, які виготовляють чи використовують у технології СДОР (такі вогнища прийнято називати вторинними).

Вихідними даними для прогнозування обстановки в ОХП є: засоби, способи і райони застосування супротивником хімічної зброї; типи застосованих ОР (або розливої СДОР); час застосування хімічної зброї і метеорологічні умови в приземному шарі повітря. Необхідно визначити розміри районів і глибину поширення зараженого повітря, стійкість ОР й оцінити можливі втрати населення.

Застосування супротивником біологічної зброї може створити різні за розмірами вогнища біологічного ураження (ВБУ). Характер вогнища, його масштаби і тривалість дії біологічних засобів залежать від виду і способу застосування збудника, метеорологічних умов і своєчасності проведення організаційних, санітарно-гігієнічних і протиепідемічних заходів. При масованому аерозольному способі застосування і сприятливих для поширення бак-терій метеорологічних умовах може бути заражена територія в сотні і навіть тисячі квадратних кілометрів.

Прогнозуючи обстановку, необхідно визначити можливі розміри зон біологічного зараження, вид збудника, спосіб його застосування і стійкість бактеріальних рецептур, очікувані первинні втрати населення з урахуванням його густоти і забезпеченості засобами захисту, характер зараженості ОГ, майна і технічних засобів, ймовірні вторинні втрати населення в результаті передачі інфекцій від хворих до здорових. Для розрахунку можливих втрат населення необхідно знати: площу зараження; кількість людей, які перебувають на ній; забезпеченість їх захисними спорудами, ЗІЗ і медичними засобами захисту. При раптовому застосуванні біологічних засобів може бути заражене аерозолями до 50-60% загальної чисельності населення; якщо люди будуть завчасно сповіщені і встигнуть вжити елементарних заходів захисту, втрати становитимуть не більше 15%.

Прогнозування зон можливого катастрофічного затоплення з визначенням їхніх меж, глибини й інших параметрів здійснюється розрахунковим шляхом на основі відповідних методик. Прогнозування зон затоплення після нападу супротивника здійснюється виходячи з характеру фактичних руйнувань чи ушкоджень напірного фронту гідротехнічних споруд і рівня заповнення водоймищ до моменту нападу.

Результати будь-якого прогнозування є наближеними і використовуються органами управління ІДО для аналізу та попередньої оцінки обстановки. Проте якісне прогнозування забезпечує не тільки правильну організацію й успішне проведення рятувальних робіт у вогнищах

ураження, а й дає можливість зменшити імовірність утворення таких вогнищ шляхом своєчасного оповіщення населення й укриття чи евакуації його із зон радіоактивного, хімічного і біологічного зараження [B21].

Необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з проблем охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників.

До них можна віднести недоліки в організації праці, порушення трудової і технологічної дисципліни, недостатню навченість персоналу, відсутність нагляду й контролю за безпечним виконанням робіт і дотриманням норм законодавчої бази.

Формування у майбутніх фахівців знань щодо стану й проблем охорони праці, вироблення вмінь та навичок в сфері управління потенційними небезпеками, охороною праці, пожежною безпекою дасть можливість зменшити травматизм та зберегти здоров'я працюючих.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ДОДАТКУ В

В1. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2011. 557 с.

В2. Люманов, Е.М Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах [Текст]: навчальний посібник. – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128 с.

В3. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов / С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.- 432 с.

В4. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.- М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с.

В5. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

В6. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01]. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В7. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В8. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення . [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

В9. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних

машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

В10. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В11. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

В12. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966 .

В13. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

В14. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

В15. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>. 14

В16. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

В17. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : навчальний посібник. Львів : Афіша, 2000. 352 с. : іл., табл. ISBN 966-7760-09-X

В18. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

В19. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

В20. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

В21. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.