

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Кафедра «Технології машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)
другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему

Застосування методів хіміко-термічної обробки в
технологічному процесі виготовлення деталі «Кільце»

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

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

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Крестянчик Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Широкобоков В.В.
(прізвище та ініціали)

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

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

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

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

- Крестянчик Юлії Олександрівни
(прізвище, ім'я, по батькові)
- Тема проєкту (роботи) Застосування методів хіміко-термічної обробки в технологічному процесі виготовлення деталі «Кільце»
 - керівник проєкту (роботи) Козлова О.Б., канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » 12 2020 року № 369
 - Строк подання студентом проєкту (роботи) 04.12.2020 р.
 - Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі «Кільце»;
річна програма випуску N=1500 деталей на рік
 - Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація контролю і регулювання процесів газового азотування; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX; 5 Спеціальне завдання. Методи хіміко-термічної обробки в технологічному процесі виготовлення деталей; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
 - Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки; графічне зображення 3D-моделей деталі та заготовок; 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 проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	доцент Козлова О.Б.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Вишнепольський Є.В.		

7. Дата видачі завдання « 09 » вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	22.09.2020	
2	Конструкторська частина	06.10.2020	
3	Автоматизація операції контролю і регулювання процесів газового азотування	14.10.2020	
4	Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX	20.10.2020	
5	Спецзавдання. Методи хіміко-термічної обробки в технологічному процесі виготовлення деталей	03.11.2020	
6	Оцінка очікуваної економічної ефективності заходів	10.11.2020	
7	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	17.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	24.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	01.12.2020	
10	Захист дипломного проекту.	10.12.2020	

Студент(ка)

(підпис)

Крестянчик Ю.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 118 с., 47 рис., 14 табл., 1 додаток, 35 джерел.

ЗАГОТОВКА, ДЕТАЛЬ, НОРМУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ОПТИМІЗАЦІЯ, КІНЦЕВИЙ ЕЛЕМЕНТ, ВЕРСТАТ, НАЛАГОДЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ДОПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ, ОПЕРАЦІЙНИЙ ЧАС, ЯКІСТЬ.

Об'єкт дослідження – деталь «Кільце».

Мета роботи – застосування методів хіміко-термічної обробки в технологічному процесі виготовлення деталі «Кільце».

Методи дослідження – розрахунково–аналітичний.

В роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі «Кільце», вибрано сучасне обладнання, інструмент, розраховано розміри, режими різання, норми часу, спроектовано верстатне та контрольне пристосування. З використанням програми NX розраховано технологічну карту для обробки на верстаті з ЧПК. Розглянуто питання автоматизації контролю та регулювання процесу азотування, виконані розрахунки на міцність. В спеціальній частині розглянуто процес азотування деталі. Передбачено заходи, спрямовані на зниження витрат і зменшення часу на виробництво. Виконано економічні розрахунки та розрахунки щодо охорони праці.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП.....	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	10
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	10
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням... 13	
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	17
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	19
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	24
1.5 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів.....	25
1.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій	32
1.7 Використання пакету NX для розробки керуючих програм операцій на верстатах з ЧПК.....	45
1.7.1 Розробка токарної операції 030 за допомогою модуля NX CAM	45
1.7.2 Розробка свердлильної операції 045	48
1.7.3 Розробка фрезерної операції 055 за допомогою модуля NX CAM.....	51
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	53
2.1 Проектування робочого пристосування	53
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	53
2.1.2 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок похибки встановлення	53
2.1.3 Розрахунок пристосування на точність	55
2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки в пристосуванні	58
2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу	61
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	62
2.2.1 Опис контрольного пристосування.....	62
2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу вимірювання.....	62

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ	68
3.1 Автоматизація контролю і регулювання процесів газового азотування.....	68
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ NX SIMULATION ADVANTAGE.....	73
5 СПЕЦЗАВДАННЯ	80
5.1 Азотування сталей.....	80
5.1.1 Суть процесу азотування, види азотування.....	80
5.1.2 Устаткування для азотування	84
5.1.3 Дефекти азотування і їх попередження	85
5.1.4 Послідовність технологічних операцій.....	88
5.1.5 Режими азотування	88
6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ.....	90
7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	95
7.1 Аналіз потенційних небезпек.....	95
ВИСНОВОК.....	97
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	98
Додаток А.....	100
Додаток Б	103

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- ЗВ – Засіб вимірювання
- КВП – Контрольно–вимірювальний пристрій
- КГШП – Кривошипний гарячештамповочний прес
- ККД – Коефіцієнт корисної дії
- КП – Керуюча програма
- МВД – Маршрут виготовлення деталі
- МОП – Маршрут обробки поверхні
- НДС – Напружено–деформований стан
- ППТЯ – Послідовність показників точності і якості
- ТМБ – Технологія машинобудування
- ТП – Технологічний процес
- ТО – Термічна обробка
- ХТО – Хіміко–термічна обробка

ВСТУП

Зростання сучасної промисловості, а також швидке переозброєння її новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку науки машинобудування. Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується вдосконаленням технології виготовлення машин, рівнем їх конструктивних рішень і надійності їх в подальшій експлуатації [1].

Це дуже важливо якісно і дешево та в задані терміни часу, з мінімальними витратами виготовити механізм, застосувати сучасну високоефективну техніку, обладнання, інструмент, технологічне оснащення, засоби механізації та автоматизації виробництва [1].

Розробка технологічного процесу вимагає від сучасного спеціаліста творчого підходу для забезпечення узгодженості на всіх етапах побудови машини і досягнення необхідної якості з найменшими витратами [1].

При проектуванні технологічних процесів виготовлення деталей машин необхідно враховувати наступні цілі [1]:

- наблизити форму заготовки та розміри до готових деталей, що дає можливість скоротити витрати матеріалу, значно знизити трудомісткість обробки деталей на металорізальних верстатах, а також зменшити витрати на ріжучі інструменти, електроенергію тощо;
- підвищити продуктивності праці шляхом застосування: автоматичних ліній, автоматів, агрегатних верстатів, верстатів з ЧПК, більш досконалих методів обробки, нових марок матеріалів ріжучих інструментів;
- сконцентрувати декількох різних операцій на одному верстаті для одночасної або послідовної обробки великою кількістю інструментів з високими режимами різання;
- застосувати електрохімічних та електрофізичних способів розмірної обробки деталей;

– розвиток упрочнюючої технології, підвищення міцності і експлуатаційних властивостей деталей шляхом зміцнення поверхневого шару механічним, термічним, термомеханическим, хіміко–термічним способами;

– застосування прогресивних високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машини, методів зміцнення робочих поверхонь, що підвищують ресурс роботи деталі і машини в цілому, ефективне використання автоматичних і потокових ліній, верстатів з ЧПК – все це спрямовано на вирішення головних завдань: підвищення ефективності виробництва і якості продукції.

В даній роботі і будуть розглядатися всі перераховані вище завдання, які стоять перед сучасним технологом, а також запропоновано шляхи і методи їх вирішення.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Двигун АІ9–3Б – встановлюється на літаку Ан–140. Призначений для генерування стисненого повітря при запуску ТВЗ–117ВМА–СБМ1, а також для нагнітання повітря в системи кондиціонування і приводу електрогенератора (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Двигун АІ9–3Б

Деталь «Кільце» використовується для дозованого направлення струменя масла на підшипник обертання, для забезпечення змащення підшипника під час роботи. Деталь працює в двигуні в статичному стані, тобто не обертається.

Деталь є кільцем з маслоканалами, яка встановлюється в підшипниковий вузол опор двигуна. По кільцевій канавці $\varnothing 62_{-0,19}$, з'єднаної з масло–системою, масло через розподільну форсунку і потрапляє в зону підшипника.

Напрямок струменя масла, яке виходить з кільця форсунки, перевірюється на спеціальній установці, що гарантує напрямок струменя і придатність деталі.

Кільце виготовляється зі сталі 40ХНМЛ.

Сталь 40ХНМЛ задовільно обробляється різанням. У табл. 1.1 і 1.2 наведено хімічний склад і механічні властивості.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40ХНМЛ (у відсотках)

Fe	C	Mn	SI	P	S	Cr
				не більше		
Основа	0,38–0,45	0,50–0,80	0,20–0,50	0,040	0,040	0,80–1,20

Таблиця 1.2 – Механічні властивості матеріалу

Стан металу	Границя плинності, σ_T , МПа	Границя міцності, σ_B , МПа	Відносне подовження, Δ , %	Відносне звуження, Ψ , %	Ударна в'язкість КСУ Дж/см ²
Вихідний	334	628	6,2	16,03	30
Литий	334	628	14,5	42,4	87
Модифіков.	481	677			
Прокат	481	677	12	55	100

Для забезпечення контактної міцності кільце піддається ХТО – азотуванню, яка забезпечує задану твердість поверхневого шару, при робочих температурах 222...400°C.

Процес термообробки кільця складається з декількох етапів:

1) нормалізація вилівка по схемі, яка зображена на рис. 1.2. Отримана твердість 240...269 НВ.

2) азотування – процес насичення поверхні сталі одночасно вуглецем і азотом при 700–950 °С в газовому середовищі, що складається з газу і аміаку. Для зменшення деформації застосовується ступінчасте загартовування з витримкою в гарячому маслі 180–200 °С.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Є три види виробництва: одиничне, серійне і масове. У кожного з них виробничий і технологічний процеси мають свої особливості і кожному з них властива певна форма організації роботи [1].

На даному етапі проектування проведемо попереднє визначення типу виробництва за виробничою програмою і масою деталі за табл. 1.3.

Таблиця 1.3 – Типи виробництва [1]

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей на рік, шт		
	Важкі, $m > 100$ кг	Середні, $m = 10 \dots 100$ кг	Легкі, $m < 10$ кг
Одиничний	до 5	до 10	до 100
Дрібносерійний	5...10	10...200	100...500
Серійний	100...300	200...500	500...5000
Багатосерійний	300...1000	500...5000	5000...50000
Масовий	понад 1000	Понад 5000	Понад 50000

Маса деталі – $m = 0,1$ кг, річна програма випуску $N = 1500$ шт – тип виробництва – серійний.

Форми організації технологічних процесів обумовлюються ГОСТ 14312–74 і залежать від ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

Для обробки даної деталі вибираємо змінно–потоккову форму організації ТП.

Розмір партії деталей розраховується за формулою (1.1):

$$n = \frac{aN}{250}, \quad (1.1)$$

де $a = 3$ дні – періодичність запуску;

$N = 1500$ шт – програма випуску.

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

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

В даному дипломному проекті розглянемо і порівняємо такі способи отримання заготовки:

- а) лиття по виплавлюваними моделями;
- б) лиття в землю.

Розраховуємо розміри заготовок з урахуванням припусків. На рис. 1.2, 1.3, 1.4 зображено ескізи деталі та заготовок, які отримано методом лиття за витоплюваними моделями та в піщані форми. За допомогою програми NX знаходимо вагу заготовок.

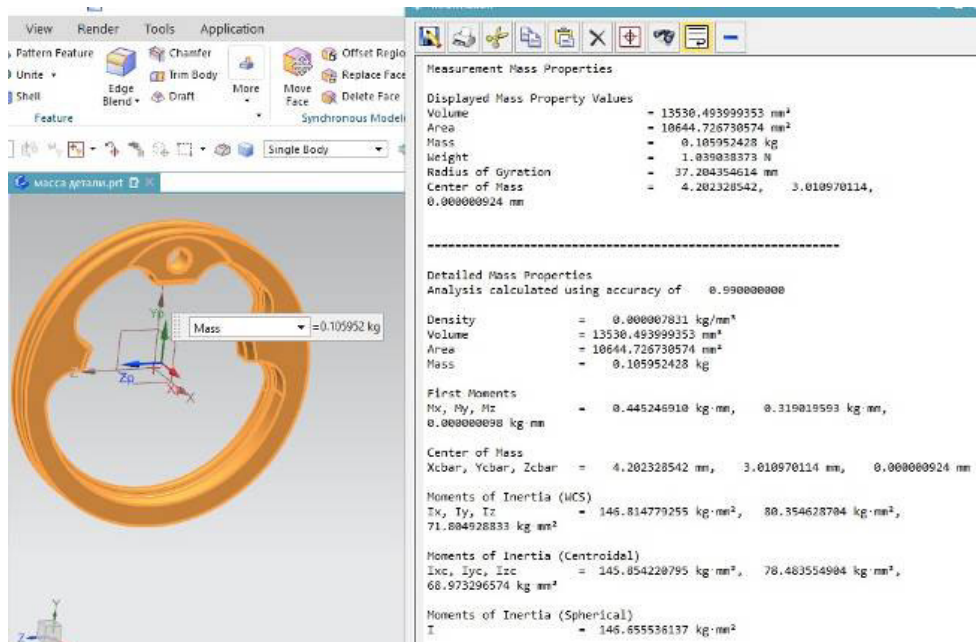


Рисунок 1.2 – Модель деталі та її маса

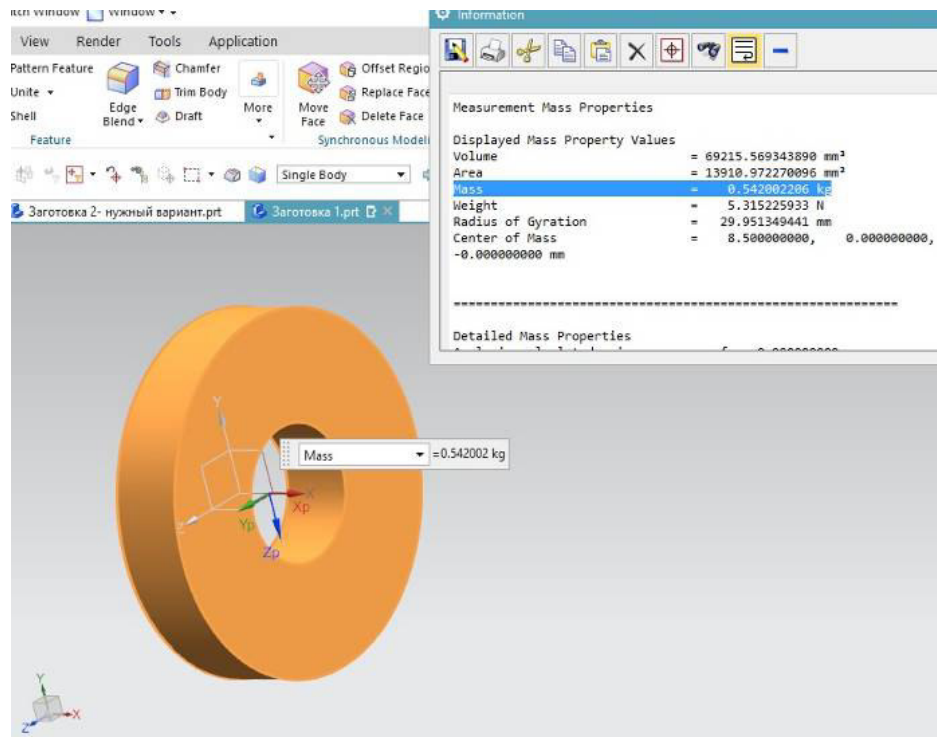


Рисунок 1.3 – Модель відлітої в піщані форми заготовки

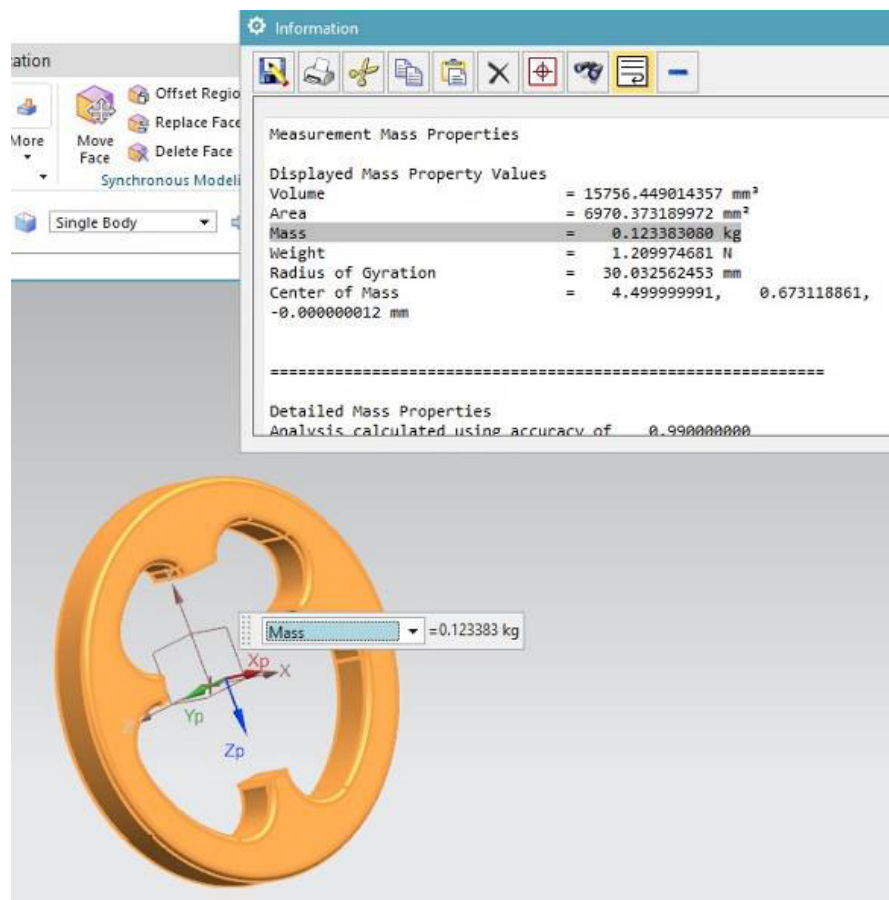


Рисунок 1.4 – Модель відлітої за витоплюваними моделями заготовки

Собівартість отримання однієї заготовки розраховуємо за формулою (1.2.):

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_{м} \cdot K_c \cdot K_{\epsilon} \cdot K_n - \frac{(Q-q)}{1000} \cdot S, \quad (1.2)$$

де C_B – базова ціна 1 т заготовок, отриманих цим методом;

$Q_{заг}$ – маса заготовки, кг;

K_m – коефіцієнт, щодо точності заготовки [1, табл. 1.24, с. 18];

$K_{м}$ – коефіцієнт, щодо матеріалу [1, табл. 1.25, с. 18];

K_c – коефіцієнт, щодо складності заготовки [1, табл. 1.26, с. 19];

K_{ϵ} – коефіцієнт, щодо маси заготовки [1, табл. 1.27, с. 19];

K_n – коефіцієнт, щодо програми випуску [1, табл. 1.28, с. 19];

S – вартість 1 т стружки, грн [1, табл. 1.5, с. 13].

Коефіцієнт використання матеріалу розраховуємо за формулою (1.3):

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

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

Для лиття за витоплюваними моделями:

$$C_1 = \frac{16000}{1000} \cdot 0,12 \cdot 1,03 \cdot 2,4 \cdot 0,83 \cdot 1,07 \cdot 0,5 - \frac{(0,12 - 0,1)}{1000} \cdot 140 = 2,1 \text{ грн.}$$

$$\eta_1 = \frac{0,1}{0,12} = 0,8.$$

Для лиття в піщані форми:

$$C_2 = \frac{2900}{1000} \cdot 0,54 \cdot 1,03 \cdot 2,4 \cdot 0,83 \cdot 1,07 \cdot 0,5 - \frac{(0,54 - 0,1)}{1000} \cdot 140 = 1,66 \text{ грн.}$$

$$\eta_2 = \frac{0,1}{0,54} = 0,19.$$

Отримані дані зводимо в табл. 1.4.

Економічний ефект від використання заготовки знаходимо за формулою (1.4):

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

$$E_B = (2,45 - 1,66) \cdot 1500 = 1193,7 \text{ грн.}$$

Економія металу, що досягається при цьому, розраховується за формулою (1.5):

$$M_1 = \frac{q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N. \quad (1.5)$$

$$M_1 = \frac{0,1 \cdot (0,8 - 0,19)}{0,19 \cdot 0,8} \cdot 1500 = 600 \text{ кг.}$$

Таблиця 1.4 – Результати розрахунків

Показник	Позначення	Одиниці виміру	Варіант заготовки	
			За витоплюваними моделями	В піщані форми
Маса	Q	кг.	0,12	0,54
Припуск	z	мм	0,5	5
Базова ціна 1 т заготовок	C_B	грн	16000	2900
Поправочні коефіцієнти	K_T	–	1,03	1,03
	K_M	–	2,4	2,4
	K_B	–	0,83	0,83
	K_C	–	1,07	1,07
	K_I	–	0,5	0,5
Вартість 1 т стружки	S_{omx}	грн	140	140
Собівартість 1 заготовки	C	грн	2,1	1,66
Коефіцієнт використання матеріалу	η	–	0,8	0,19

Економічний ефект знаходимо за формулою (1.6):

$$Z_{M_1} = \frac{C_B}{1000} \cdot M. \quad (1.6)$$

$$Z_{M_1} = \frac{3500}{1000} \cdot 600 = 9600 \text{ грн.}$$

Економія по металу становить 9600 грн і більше економії за собівартістю (1193,7 грн), тому приймаємо виготовлення заготовки литтям за витоплюваними моделями.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Розрахунок конструкції деталі на технологічність є методом забезпечення необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження витрат і скорочення часу на виготовлення виробу [1].

Якісна оцінка технологічності проводиться за видом деталі, класом складності конфігурації, жорсткості конструкції, можливості обробки деталі універсальним інструментом, наявності особливо точних і чистих поверхонь.

Конструкція деталі складається з зовнішніх і внутрішніх циліндричних поверхонь, які доступні для обробки універсальним інструментом.

За якісними показниками деталь «Кільце» – технологічна.

Кількісна оцінка технологічності проводиться за показниками, використання матеріалу, елементів конструкції, точності розмірів, шорсткостей поверхні.

Коефіцієнт використання матеріалу розраховуємо за формулою (1.3). Так як $\eta = 0,71 < 0,8$, то деталь за цим показником не технологічна.

Коефіцієнт точності обробки знаходимо за формулами (1.7), (1.8):

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{A_{CP}} > 0,8, \quad (1.7)$$

де A_{CP} – середній квалітет точності деталі.

$$A_{CP} = \frac{\kappa_1 n_1 + \kappa_2 n_2 + \dots + \kappa_n n_n}{n_{\text{общ}}} \quad (1.8)$$

де n – кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k – квалітет точності; основна маса неспряжуваних поверхонь виконана по 13 квалітетом точності.

$$A_{CP} = \frac{13 \cdot 14 + 11 + 7 \cdot 2 + 10 + 15 + 6}{20} = 11,9.$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{11,9} = 0,91 > 0,8.$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості знаходимо за формулами (1.9), (1.10):

$$K_{Ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32, \quad (1.9)$$

де B_{CP} – середній клас шорсткості.

$$B_{CP} = \frac{\kappa_1 n_1 + \kappa_2 n_2 + \dots + \kappa_n n_n}{n_{\text{общ}}}, \quad (1.10)$$

де k – клас шорсткості;

n – кількість поверхонь, що мають відповідну шорсткість.

$$B_{CP} = \frac{7 \cdot 3 + 5 + 4 \cdot 13 + 3 \cdot 3}{20} = 4,5.$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{4,5} = 0,22 < 0,32.$$

За даним показником деталь технологічна.

Можна зробити висновок, що за більшістю якісних і кількісних критеріїв оцінки технологічності, деталь є технологічною, винятком є коефіцієнт використання матеріалу.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Характеристику формотворчих поверхонь и елементів деталі представлено в табл. 1.5.

Деталь складається в основному з концентрично розташованих поверхонь. Великих труднощів у виготовленні деталі не виникає. Точність виготовлення, точність розташування поверхонь і якість обробки – середньо–економічні. Обробка деталі проводиться поширеними методами обробки різанням.

Перетворення грубих за формою, розмірами і шорсткістю поверхонь заготовок в готові деталі економічно доцільно здійснювати за кілька переходів (стадій) обробки. Кількість переходів, їх послідовність і зміст визначають при проектуванні маршруту обробки поверхні (МОП).



При проектуванні МОП використовують поняття уточнення, тому, що воно дозволяє по дослідно–статистичними даними оцінити показники точності і якості поверхні на різних стадіях обробки заготовки.

Розрізняють загальне уточнення і уточнення по переходах.

Визначимо МОП для поверхні – $\text{Ø}67,5_{-0,019}$.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості.

Таблиця 1.5 – Характеристики основних поверхонь деталі

Номер поверхні, основні геометричні параметри		Характер поверхні		Показники					
				Ква- літет точ- ності	До пуск	Допуск на точність і взаємне розташування.		Шорсткість, <i>Ra</i>	
									
1	Ø62h11 _{-0,19}	зовніш.	циліндр.	11	0,19	–	–	6,3	4
2	Ø67,5h6 _{-0,019}	зовніш.	циліндр.	6	0,019	–	–	0,8	7
3	5 _{-0,18}	зовніш.	плоска	13	0,18	–	–	6,3	4
4	2 _{-0,14}	зовніш.	плоска	13	0,14	–	–	6,3	4
5	7h7 _{-0,015}	зовніш.	плоска	7	0,015	0,02	–	0,8	7
6	Ø56 ^{+0,46}	внутр.	циліндр.	13	0,46	–	–	12,5	4
7	Ø55 ^{+0,46}	внутр.	циліндр.	13	0,46	–	–	12,5	4
8	Ø39,2H10 ^{+0,1}	внутр.	циліндр.	10	0,1	0,1	–	3,2	5
9	Ø2,4 ^{+0,14}	внутр.	циліндр.	13	0,14	–	–	6,3	4
10	21,5±0,165	зовніш.	плоска	13	0,33	–	–	6,3	4
11	Ø58 ^{+0,46}	внутр.	циліндр.	13	0,46	–	–	12,5	4
12	8±0,11	зовніш.	плоска	13	0,22	–	–	6,3	4
13	5±0,09	зовніш.	плоска	13	0,18	–	–	6,3	4
14	1,2H15 ^{+0,4}	зовніш.	плоска	15	0,4	–	–	6,3	4
15	3,2±0,1	зовніш.	плоска	13	0,2	–	–	6,3	4
16	Ø0,8 ^{+0,14}	внутр.	циліндр.	13	0,14	–	–	6,3	4
17	0,5±0,2	зовніш.	плоска	13	0,4	–	–	6,3	4
18	3,5±0,1	внутр.	плоска	13	0,2	–	–	6,3	4
19	Ø5H7 ^{+0,012}	внутр.	циліндр.	7	0,012	0,03	0,1	0,8	7
20	Ø1,5 ^{+0,14}	зовніш.	циліндр.	13	0,14	–	0,2	6,3	4

За точністю розміру за формулою (1.11) [1]:

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{Td_{заг}}{Td_{дет}}, \quad (1.11)$$

де $Td_{заг}$, $Td_{дет}$ – допуск геометричного розміру відповідно заготовки і деталі.

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{0,74}{0,019} = 38,9.$$

За точністю форми за формулою (1.12) [1]:

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{\Delta_{заг}}{\Delta_{дет}}, \quad (1.12)$$

де $\Delta_{заг}$, $\Delta_{дет}$ – похибка форми і взаємного розташування відповідно заготовки і деталі.

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{0,5}{0,01} = 50.$$

За шорсткістю за формулою (1.13) [1]:

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}, \quad (1.13)$$

де $Ra_{заг}$, $Ra_{дет}$ – шорсткість заготовки і деталі.

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{12,5}{0,8} = 15,6.$$

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник допуску розміру, який потребує найбільшого уточнення. За більшим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки k за формулою (1.14) [1]:

$$k = 2 \lg \varepsilon_{Rd}. \quad (1.14)$$

$$k = 2 \lg 50 = 3,4.$$

Приймаємо 4 переходи. Визначаємо різницю показників якості і розподіляємо цю різницю між 4 переходами за законом прогресивного зменшення.

$$IT17-IT5 = 12 = 5 + 3 + 2 + 2.$$

$$IT17 \rightarrow IT12 \rightarrow IT9 \rightarrow IT7 \rightarrow IT5.$$

Дані розрахунків заносимо в табл. 1.6.

Визначимо МОП для поверхні – $\varnothing 5^{+0,012}$.

Визначимо загальне уточнення за показниками якості.

За точністю розміру:

$$\varepsilon_{d_0} = \frac{0,18}{0,012} = 15.$$

За точністю форми:

$$\varepsilon_{\Delta_0} = \frac{0,1}{0,03} = 3,3.$$

За шорсткістю:

$$\varepsilon_{Rz_0} = \frac{6,3}{0,8} = 7,8.$$

Таблиця 1.6 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 67,5_{-0,019}$

Характер поверхні	Параметри заготовки		Параметри деталі		МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	T _{d3}	T _{Rz3}	T _{dд}	T _{Rzд}	№	Метод оброб.	розм	R _Z	↑ мм	геом. розм	шорст.	↑
Пов.2 $\varnothing 67,5_{-0,019}$ Ra = 0,8 ↑ = 0,01	0,74	12,5	0,019	0,8	1	Загот	740	12,5	0,5	–	–	–
					2	Точін чорн.	300	6,3	0,1	2,5	2	5
					3	Точін	120	3,2	0,04	2,5	2	2,5
					4	чист. ТО	–	–	–	–	–	–
					5	Шліф. чорн.	46	1,6	0,02	2,5	2	2
					6	Шліф. чист	19	0,8	0,01	2,4	2	2

Переважаючим показником якості цієї поверхні є показник допуску розміру, який потребує найбільшого уточнення. За більшим показником розрахуємо кількість переходів механічної обробки k за формулою (1.14):

$$k = 2 \lg 15 = 2,3 .$$

Приймаємо 2 переходи. Визначаємо різницю показників якості і розподіляємо цю різницю між 2 переходами по закону прогресивного зменшення.

$$IT_{13} - IT_7 = 6 = 4 + 2.$$

$$IT_{13} \rightarrow IT_9 \rightarrow IT_7.$$

Дані розрахунків заносимо в табл. 1.7.

Дані розрахунків по інших поверхнях деталі заносимо в табл. 1.8.

Таблиця 1.7– Маршрут обробки поверхні $\varnothing 5^{+0,012}$

Характер поверхні	Параметри заготовки		Параметри деталі		МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	$T_{dз}$	$T_{Rzз}$	$T_{дд}$	$T_{Rzд}$	№	Метод оброб.	розм	R_z	\uparrow мм	Геом. розм	Шорст.	\uparrow
Пов. 19 $\varnothing 5^{+0,012}$ $R_a=0,8$ $\uparrow=0,03$	–	–	0,012	0,8	1	Заготовка	–	–	–	–	–	–
					2	Свердлення	180	6,3	0,1	–	–	–
					3	Зенкерування	30	1,6	0,05	6	3,9	2
					4	Розгортання	12	0,8	0,03	2,5	2	1,6
					5	ТО	–	–	–	–	–	–

Таблиця 1.8– Маршрути обробки основних поверхонь деталі

Характер поверхні	Параметри заготовки		Параметри деталі		МОП		Допуски, мкм			Уточнення		
	T _{d3}	T _{Rz3}	T _{дД}	T _{RzД}	№	Метод оброб.	розм	R _z	↑ мм	Геом. розм	Шорст.	↑
Пов.1 Ø62 _{-0,19} Ra=6,3 ↑=0,1	–	–	0,19	6,3	1	Заготовка	740	12,5	0,5	–	–	–
					2	Точін. чорн.	190	6,3	0,1	3,9	2	5
					3	ТО	–	–	–	–	–	–
Пов.8 Ø39,2 ^{+0,1} Ra=3,2 ↑=0,05	0,62	12,5	0,1	3,2	1	Заготовка	620	12,5	0,5	–	–	–
					2	Точін. чорн.	250	6,3	0,1	2,5	2	5
					3	Точін. чист.	100	3,2	0,05	2,5	2	2
					4	ТО	–	–	–	–	–	–
Пов.20 Ø1,5 ^{+0,14} Ra=6,3 ↑=0,5	–	–	0,14	6,3	1	Заготовка	–	–	–	–	–	–
					2	Свердління	140	6,3	0,5	–	–	–
					3	ТО	–	–	–	–	–	–
Пов.5 7 _{-0,015} Ra=0,8 ↑=0,02	0,36	12,5	0,015	0,8	1	Заготовка	360	12,5	0,5	–	–	–
					2	Шліф. чор.	90	3,2	0,1	4	3,9	5
					3	Шліф. чис.	36	1,6	0,04	2,5	2	2,5
					4	ТО	–	–	–	–	–	–
					5	Притирання	15	0,8	0,02	2,4	2	2

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Проектування МВД є багатфакторною технічною задачею з великою кількістю варіантів вирішення.

Маршрут виготовлення складається з наступних етапів:

1 етап – отримання заготовки.

2 етап – обробка різанням:

– шліфування;

– чорнове точіння;

– чистове точіння;

- фрезерування;
- свердління.
- 3 етап – термообробка.
- 4 етап – абразивна обробка:
 - шліфування;
 - притирання.
- 5 етап – мийка.
- 6 етап – контроль.

Коли розроблено етапна схему технологічного маршруту і визначени технологічні бази, формуємо технологічні комплекси і операції. Технологічні комплекси формують з окремих поверхонь деталі, які зручно і доцільно обробляти з однієї установки заготовки [1].

1.5 Розрахунок міжопераційних припусків і технологічних розмірів

Припуск – це шар матеріалу, що містить різні дефекти, які не допустимі за умовами службового призначення, і який необхідно усунути з поверхні заготовки з метою досягнення заданих властивостей оброблюваної поверхні. Припуск слід розглядати як компенсатор погрішностей попередніх переходів.

Виконаємо розрахунок припусків розрахунково–аналітичним методом для поверхні – $\text{Ø}67,5_{-0,019}$ мм.

Визначимо шорсткість і глибину дефектного шару для заготовки за [2, табл. 12, с. 186,]: $Rz = 80$ мкм і $h = 100$ мкм.

Просторові похибки в заготовці знаходимо за формулами (1.15), (1.16) [2]:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.15)$$

де $\Delta_{II} = 0,015$ мм – перекося отвору.

$$\rho_{вук} = \Delta_{II} \cdot l. \quad (1.16)$$

$$\rho_{\text{вик}} = 0,015 \cdot 8 = 0,12 \text{ мм.}$$

Похибка викривлення знаходиться за формулою (1.17):

$$\rho_{\text{вик}} = \Delta_{\text{вик}} \cdot l, \quad (1.17)$$

де $\Delta_{\text{вик}}$ – викривлення заготовки; $\Delta_{\text{вик}} = 0,0015 \text{ мм}$;

l – довжина заготовки, мм.

$$\rho_1 = \sqrt{0,12^2 + 0,012^2} = 0,12 \text{ мм.}$$

Елементи припуску для чорнового точіння: $Rz = 40 \text{ мкм}$ і $h = 40 \text{ мкм}$, за [2, табл. 24, с. 187].

$$\rho_i = K_{\text{ym}} \cdot \rho_{i-1}, \quad (1.18)$$

де K_{ym} – коефіцієнт уточнення за [2, табл. 29, с. 190], $\hat{E}_{\text{од}} = 0,06$.

$$\rho_2 = 0,06 \cdot 120 = 7 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення за формулою (1.19):

$$\varepsilon_i = K_{\text{ym}} \cdot \varepsilon_{i-1}, \quad (1.19)$$

де ε_2 – похибка закріплення в трикулачковому патроні за [2, табл. 4.10, с. 75],

$\varepsilon_2 = 0,1 \text{ мм}$.

Елементи припуску для точіння чистового: $Rz = 20 \text{ мкм}$ і $h = 20 \text{ мкм}$, по [2, табл. 24, с. 187], $K_{\text{ym}} = 0,04$ за [2, табл. 29, с. 190].

$$\rho_3 = 0,04 \cdot 7 = 0,3 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_3 = 0,04 \cdot 100 = 4 \text{ мкм.}$$

Елементи припуску для ТО:

$$\rho_k = \Delta_k \cdot L = 0,1 \cdot 7 = 0,7 \text{ мкм.}$$

Після ТО в заготовці будуть діяти сили викривлення.

Елементи припуску для шліфування чорнового: $Rz = 10$ мкм і $h = 15$ мкм, за [2, табл. 24, с. 187], $K_{ym} = 0,03$ за [2, табл. 29, с. 190].

$$\rho_5 = 0,03 \cdot (0,7 + 0,3) = 0,03 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_5 = 0,03 \cdot 4 = 0,12 \text{ мкм.}$$

Елементи припуску для шліфування чистового: $Rz = 6,3$ мкм і $h = 10$ мкм, за [2, табл. 24, с. 187], $K_{ym} = 0,02$ за [2, табл. 29, с. 190].

$$\rho_6 = 0,02 \cdot 0,03 = 0.$$

Похибка закріплення:

$$\varepsilon_5 = 0,02 \cdot 0,12 = 0.$$

Розраховуємо мінімальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.20):

$$2z_i = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho^2_{i-1} + \varepsilon^2_i}). \quad (1.20)$$

Для чорнового точіння:

$$2z_2^{\min} = 2 \cdot (80 + 100 + \sqrt{120^2 + 100^2}) = 672 \text{ мкм.}$$

Для чистового точіння:

$$2z_3^{\min} = 2 \cdot (40 + 40 + \sqrt{7^2 + 4^2}) = 176 \text{ мкм.}$$

Для шліфування чорнового:

$$2z_5^{\min} = 2 \cdot (20 + 20 + \sqrt{0,3^2 + 0,12^2}) = 80 \text{ мкм.}$$

Для шліфування чистового:

$$2z_6^{\min} = 2 \cdot (6,3 + 10 + \sqrt{0,03^2 + 0^2}) = 32 \text{ мкм.}$$

Технологічні розміри розраховуємо методом розмірних ланцюгів. Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки.

Розраховуємо максимальний розмір за формулами (1.21), (1.22):

$$d_{i\max} = d_{i+1\max} + Z_{i+1\min} + Td_i, \quad (1.21)$$

де Td_1 – допуск заготовки, $Td_1 = 0,9$ мм;

Td_2 – допуск чорнового точіння, $Td_2 = 0,21$ мм;

Td_3 – допуск чистового точіння, $Td_3 = 0,052$ мм;

Td_5 – допуск на шліфування чорнове, $Td_5 = 0,021$ мм;

Td_6 – допуск на шліфування чистове, $Td_6 = 0,009$ мм;

Z_{\min} – мінімальний припуск на обробку.

$$d_{i\max} = d_{i\text{ном}} + ES. \quad (1.22)$$

$$d_{6\max} = 67,5 + 0 = 67,5 \text{ мм.}$$

$$d_{5\max} = 67,5 + 0,032 + 0,046 = 67,578 \text{ мм.}$$

$$d_{3\max} = 67,578 + 0,08 + 0,12 = 67,778 \rightarrow 67,78 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = 67,78 + 0,176 + 0,3 = 68,256 \rightarrow 68,25 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = 68,25 + 0,74 + 0,672 = 69,662 \rightarrow 69,66 \text{ мм.}$$

Розраховуємо мінімальні розміри за формулою (1.23):

$$d_{i\min} = d_{i\max} - Td_i. \quad (1.23)$$

$$d_{6\min} = 67,5 - 0,019 = 67,481 \text{ мм.}$$

$$d_{5\min} = 67,578 - 0,046 = 67,532 \text{ мм.}$$

$$d_{3\min} = 67,78 - 0,12 = 67,66 \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = 68,25 - 0,3 = 67,95 \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = 69,66 - 0,74 = 68,92 \text{ мм.}$$

Максимальне значення припусків за формулою (1.24):

$$2Z_{i\max} = d_{i-1\max} - d_{i\min}. \quad (1.24)$$

$$2Z_{2\max} = 69,66 - 67,95 = 1,71 \text{ мм.}$$

$$2Z_{3\max} = 68,25 - 67,66 = 0,59 \text{ мм.}$$

$$2Z_{5\max} = 67,78 - 67,532 = 0,248 \text{ мм.}$$

$$2Z_{6\max} = 67,578 - 67,481 = 0,097 \text{ мм.}$$

Виконаємо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило за формулою (1.25):

$$2Z_{0\max i} - 2Z_{0\min i} = Td_1 + Td_6 \quad (1.25)$$

$$2Z_{0\max i} = 69,66 - 67,481 = 2,179 \text{ мм.}$$

$$2Z_{0\min i} = 68,92 - 67,5 = 1,42 \text{ мм.}$$

$$2,179 - 1,42 = 0,74 + 0,19$$

$$0,759 \text{ мм} = 0,759 \text{ мм}$$

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.9.

Таблиця 1.9 – Припуски на механічну обробку поверхні $\text{Ø}67,5_{-0,019}$

Характер- ристика	МОП	Доп.	Гран. знач. технол. розміра	Гран. знач. припуска	Викон. технолог.
----------------------	-----	------	--------------------------------	-------------------------	---------------------

поверх.							розмір, мм	
	i	Мет. обр.	Td, мм	d_i^{\max} , мм	d_i^{\min} , мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	$d_{\text{вук}}$
Пов.19 $\varnothing 67,5_{-0,019}$ Ra=0,8 $\uparrow=0,01$	1	Загот	0,740	69,66	68,92	–	–	$\varnothing 69,3 \pm 0,37$
	2	Точін. чорн.	0,300	68,25	67,95	1710	672	$\varnothing 68,25_{-0,3}$
	3	Точін. чист.	0,120	67,78	67,66	590	176	$\varnothing 67,78_{-0,12}$
	4	ТО	–	–	–	–	–	–
	5	Шліф. чорн.	0,046	67,578	67,532	248	80	$\varnothing 67,578_{-0,046}$
	6	Шліф. чист.	0,019	67,5	67,481	97	32	$\varnothing 67,5_{-0,019}$

Табличним методом призначаємо припуски для інших поверхонь деталі.

За цим методом припуски на всі переходи приймаються за таблицями довідкової літератури.

Наприклад, для поверхні – $\varnothing 5^{+0,012}$.

1. Свердління: $2Z^{\min} = 4$ мм;
2. Зенкерування: $Z^{\min} = 0,3$ мм;
3. Розгортання: $Z^{\min} = 0,085$ мм;
4. ТО.

Розраховуємо мінімальні розміри за формулою (1.23):

$$d_{3\min} = 5 - 0 = 5 \text{ мм.}$$

$$d_{2\min} = 5 - 0,17 - 0,03 = 4,8 \text{ мм.}$$

$$d_{1\min} = 4,8 - 0,6 - 0,18 = 4,02 \rightarrow 4 \text{ мм.}$$

Розраховуємо максимальний розмір за формулою (1.22):

$$d_{3\max} = 5 + 0,12 = 5,012 \text{ мм.}$$

$$d_{2\max} = 4,8 + 0,03 = 4,83 \text{ мм.}$$

$$d_{1\max} = 4 + 0,18 = 4,18 \text{ мм.}$$

Максимальне значення припусків за формулою (1.24):

$$2Z_{4\max} = 5,012 - 4,8 = 0,212 \text{ мм.}$$

$$2Z_{3\max} = 4,83 - 4 = 0,83 \text{ мм.}$$

$$2Z_{2\max} = 4,18 - 0 = 4,18 \text{ мм.}$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило:

$$2Z_{0\max i} = 5,012 - 4 = 1,012 \text{ мм.}$$

$$2Z_{0\min i} = 5 - 4,18 = 0,82 \text{ мм.}$$

$$1,012 - 0,82 = 0,18 + 0,012$$

$$0,192 \text{ мм} = 0,192 \text{ мм}$$

Виконані розрахунки заносимо в табл. 1.10.

Таблиця 1.10 – Припуски на механічну обробку поверхні – $\varnothing 5^{+0,012}$

Характер- ристика поверхні	МОП		Доп .	Гран. знач. технол. розміра		Гран. знач припуска		Викон. технолог. розмір, мм
	i	Мет. обр.		Td, мм	d_i^{\max} , мм	d_i^{\min} , мм	$2z_i^{\max}$	
Пов. 2 $\varnothing 5^{+0,012}$ Ra=0,8 $\uparrow=0,03$	1	Загот	–	–	–	–	–	–
	2	Свердлення	0,18	4,18	4	4180	4000	$\varnothing 4^{+0,18}$
	3	Зенкерування	0,03	4,83	4,8	830	600	$\varnothing 4,8^{+0,03}$
	4	Розгортання	0,01	5,012	5	212	170	$\varnothing 5^{+0,012}$
	5	ТО	–	–	–	–	–	–

Розрахунки припусків для інших поверхонь заносимо в табл. 1.11.

Таблиця 1.11 – Припуски на механічну обробку

Характер– ристика поверхні	МОП		Доп. Тd, мм	Гран. знач. технол. розміра		Гран. знач припуска		Викон. технолог. розмір, мм
	i	Мет. обр.		d_i^{\max} , мм	d_i^{\min} , мм	$2z_i^{\max}$	$2z_i^{\min}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пов.8 $\varnothing 39,2^{+0,1}$ Ra=3,2 $\uparrow=0,05$	1	Загот	0,620	35,72	35,1	–	–	$\varnothing 35,4 \pm 0,31$
	2	Точін чорн.	0,250	38,2	37,95	3100	2200	$\varnothing 38,2^{+0,25}$
	3	Точін чист.	0,100	39,3	39,2	1350	1000	$\varnothing 39,2^{+0,1}$
	4	ТО	–	–	–	–	–	–
Пов.1 $\varnothing 62_{-0,19}$ Ra=6,3 $\uparrow=0,1$	1	Загот	0,740	69,66	68,92	–	–	$\varnothing 69,3 \pm 0,37$
	2	Точін чорн.	0,19	62	61,81	7850	6920	$\varnothing 62_{-0,19}$
	3	ТО	–	–	–	–	–	–
Пов.20 $\varnothing 1,5^{+0,14}$ Ra=6,3 $\uparrow=0,5$	1	Загот	–	–	–	–	–	–
	2	Свердл.	0,14	1,64	1,5	1640	1500	$\varnothing 1,5^{+0,14}$
	3	ТО	–	–	–	–	–	–
Пов.5 $7_{-0,015}$ Ra=0,8 $\uparrow=0,02$	1	Загот	0,360	9,18	8,82	–	–	$9 \pm 0,18$
	2	Шліф. чор.	0,090	7,83	7,74	1450	1000	$7,83_{-0,09}$
	3	Шліф. чис.	0,036	7,236	7,2	626	500	$7,236_{-0,036}$
	4	ТО	–	–	–	–	–	–
	5	Притирання	0,015	7	6,985	251	200	$7_{-0,015}$

1.6 Розрахунок режимів різання та технічне нормування операцій

Виконаємо визначення режимів різання для кожної операції: подачі, швидкості різання, підбір обертів шпинделя і визначення потужності приводу верстата, а також призначимо норми часу на операції.

1.6.1 Операція 030 – Токарна

Ця операція здійснюється на токарно–револьверному верстаті моделі 1Г325.

Ескіз операційний представлено на рис. 1.4.

Пристосування – патрон трикулачковий.

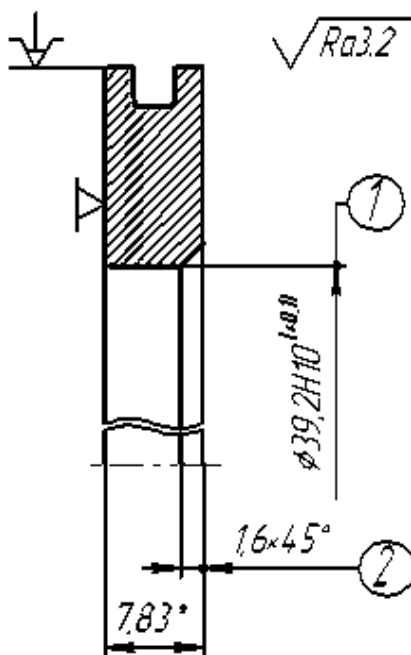


Рисунок 1.4 – Операційний ескіз деталі

Інструмент: різець розточний $\varphi = 95^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\gamma = 8^\circ$; $r = 1\text{ мм}$, 16x25x140, Т15К6 ГОСТ 18893–73.

Визначимо глибину різання за формулою (1.26):

$$t = \frac{D_{\text{свер}2} - D_{\text{свер}1}}{2}. \quad (1.26)$$

$$t = \frac{39,2 - 35,4}{2} = 1,9, \rightarrow t_{\text{чорн}} = 1,4, t_{\text{чист}} = 0,5 \text{ мм.}$$

Розраховуємо подачу за формулою (1.27).

Чорнове точіння:

$$S_{розр.} = S_{таб.} \cdot K_M, \quad (1.27)$$

де $K_M = 0,75$ – коефіцієнт, який характеризує матеріал [2, табл. 11, с. 266];

$$S_{таб.} = 0,6 \text{ [3, табл. 11, с. 266].}$$

$$S_{розр.} = 0,6 \cdot 0,75 = 0,45 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо: $S = 0,4$ мм/об.

Чистове точіння:

$$S_{таб.} = 0,144 \text{ [3, табл. 14, с. 268].}$$

Приймаємо: $S = 0,1$ мм/об.

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулами (1.28), (1.29):

$$V_P = \frac{C_y}{T^m \cdot x^y \cdot S^y} \cdot K_{VM} \cdot K_{VII} \cdot K_{V\phi} \quad (1.28)$$

де $C_y = 292$; $x = 0,3$; $y = 0,15$; $m = 0,18$; $T = 60$ за [3, табл.17, с. 269].

$$K_{mv} = K_\Gamma \left(\frac{750}{\sigma_\sigma} \right)^n \quad (1.29)$$

де $K_\Gamma = 1$; $n = 0,9$ по [2, таб.2, с.262], $K_{V\phi} = 0,7$; $K_{VII} = 0,9$; $K_{VR} = 0,94$ за [3, табл. 18, с.271].

$$K_{mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,13.$$

$$V_{чорн} = \frac{292}{120^{0,18} \cdot 1,4^{0,3} \cdot 0,4^{0,15}} \cdot 0,94 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,13 = 86 \text{ м/хв.}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{292}{120^{0,18} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 0,1^{0,15}} \cdot 0,94 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1,13 = 151 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя визначається за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d}, \quad (1.30)$$

$$n_{\text{чорн}} = \frac{1000 \cdot 86}{3,14 \cdot 38,2} = 698 \text{ об/хв.};$$

$$n_{\text{чист}} = \frac{1000 \cdot 151}{3,14 \cdot 39,2} = 1226 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо за паспортом верстата: $n_{\text{чорн}} = 630 \text{ об/хв.}$ $n_{\text{чист}} = 1100 \text{ об/хв.}$

Визначимо дійсну швидкість різання за формулою (1.31):

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

$$V_{\text{чорн}} = \frac{3,14 \cdot 630 \cdot 38,2}{1000} = 75 \text{ м/хв.}$$

$$V_{\text{чист}} = \frac{3,14 \cdot 39,2 \cdot 1100}{1000} = 135 \text{ м/хв.}$$

Визначимо довжину робочого ходу за формулою (1.32):

$$L_{\text{р.х.}} = l_p + l_{\text{вр}} + l_{\text{пер}} \quad (1.32)$$

де l_p – довжина різання, мм;

$l_{\text{вр}}$ – довжина врізання, мм;

$l_{\text{пер}}$ – довжина перебігу, мм.

$$L_{p.x.} = 7,83 + 2 + 2 = 11,83 \text{ мм.}$$

де $l_{вр} + l_{пер} = 2 + 2 \text{ мм.}$

Визначаємо основний час за формулою (1.33):

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{n \cdot S}. \quad (1.33)$$

$$T_{чорн} = \frac{11,83}{630 \cdot 0,4} \cdot 2 = 0,09 \text{ хв.}$$

$$T_{чист} = \frac{11,83}{1100 \cdot 0,1} \cdot 2 = 0,21 \text{ хв.}$$

$$T_o = 0,09 + 0,21 = 0,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.34):

$$t_{\partial on} = t_{\partial з} + t_{\partial x}, \quad (1.34)$$

де $t_{\partial з}$ – час на встановлення і зняття деталі, $t_{\partial з} = 0,4 \text{ хв}$ [4, с. 267, карта 42];

$t_{\partial x}$ – час допоміжних ходів верстата, $t_{\partial x} = 0,08 \text{ хв}$ [4, с. 267, карта 42].

$$t_{\partial on} = 2 \cdot 0,4 + 0,08 = 0,88 \text{ хв.}$$

Оперативний час за формулою (1.35):

$$T_{on} = T_o + T_{всн}. \quad (1.35)$$

$$T_{on} = 0,3 + 0,88 = 1,18 \text{ хв.}$$

Додатковий час знаходимо за формулою (1.36):

$$T_{\text{доп}} = \frac{(\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot T_{\text{он}}}{100}, \quad (1.36)$$

де $\alpha_{\text{обсл}}$, $\alpha_{\text{відп}}$ – відсоток часу від оперативного у відсотках на обслуговування робочого місяця, відпочинок і природні потреби, $\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{відп}} = 10\%$ [4, с. 607].

$$T_{\text{доп}} = (0,02 + 0,04 + 0,03) \cdot 1,18 = 0,1 \text{ хв.}$$

Штучний час визначається за формулою (1.37):

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{он}} + \frac{(\alpha_{\text{обсл}} + \alpha_{\text{відп}}) \cdot T_{\text{он}}}{100}. \quad (1.37)$$

$$T_{\text{шт}} = 1,18 + 0,1 = 1,28 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно–калькуляційний час за формулою (1.38):

$$T_{\text{шт-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{н.з}}}{n}, \quad (1.38)$$

де $T_{\text{нз}}$ – підготовчо–заключний час.

$$T_{\text{нз}} = T_{\text{нз1}} + T_{\text{нз2}} \quad (1.39)$$

де $T_{\text{нз1}}$ – час на наладку пристосування, заміну інструментального блоку, настройку нуля супорта, прискорене опрацювання програми в холостому режимі, $T_{\text{нз1}} = 7 \text{ хв}$ [4, с. 618, карта 32];

T_{nz2} – підготовчо–заклучний час на додаткові роботи, $T_{nz2} = 18$ хв [4, с. 618, карта 32].

$$T_{nz} = 18 + 7 = 25 \text{ хв.}$$

$$T_{шт-к} = 1,28 + \frac{25}{18} = 2,66 \text{ хв.}$$

1.6.2 Операція 055 – Фрезерна

Ця операція здійснюється на вертикально–фрезерному верстаті 6P13Б.

Ескіз операційний представлено на рис. 1.5.

Для операції фрезерування, враховуючи малі розміри заготовки, вибираємо кінцеву фрезу діаметром $D = 3$ мм з числом зубів $z = 2$ з швидкорізальної сталі Р6М5 ГОСТ 17026–71.

Глибина різання: $t = 1,5$ мм.

Подача: $S_z^{табл.} = 0,02$ мм/зуб [3, табл. 38, с. 286].

Розраховуємо швидкість головного руху за формулою (1.40):

$$V_p = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} \cdot K_V, \quad (1.40)$$

де $C_v = 12$; $q = 0,3$; $x = 0,3$; $y = 0,2; 5$ $u = 0$; $p = 0$; $m = 0,26$; $T = 60$ хв. [3, табл. 39, с. 286];

$$K_{VM} = \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n = \left(\frac{750}{650} \right)^{0.9} = 1,13 \text{ – коефіцієнт оброблюваності матеріалу [3, табл.}$$

1–2, с. 262,];

$K_{VII} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту [3, табл. 5, с. 263];

$K_{VII} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки [3, табл. 6, с. 263].

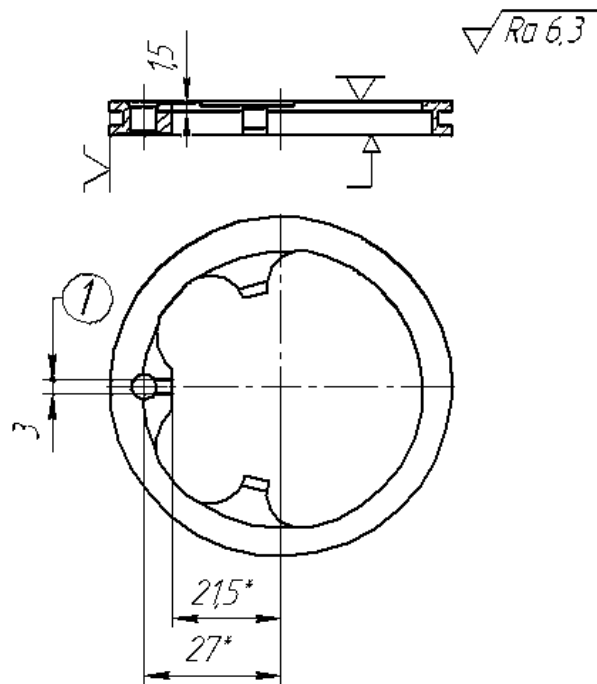


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз деталі

$$V_p = \frac{12 \cdot 3^{0,3}}{60^{0,26} \cdot 1,5^{0,3} \cdot 0,02^{0,25} \cdot 3^0 \cdot 2^0} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 = 16 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.30):

$$n = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 3} = 1698 \text{ об/хв.}$$

Приймаються за паспортом верстата: $n = 1500$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.31):

$$V = \frac{3,14 \cdot 1500 \cdot 3}{1000} = 14 \text{ м/хв.}$$

Визначення хвилинної подачі інструменту за формулою (1.41):

$$S_{x8} = S_z \cdot n \cdot z. \quad (1.41)$$

$$S_{x8} = 0,02 \cdot 1500 \cdot 2 = 60 \text{ мм/хв.}$$

Обираємо значення: $S_M = 50$ мм/мин.

Визначення основного часу за формулою (1.42):

$$t_o = \frac{h}{S_M} + \frac{l - D}{S_M}, \quad (1.42)$$

де l – довжина фрезерування;

h – величина врізання;

D – діаметр фрези.

$$t_o = \frac{5,5}{50} = 0,11 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час за формулою(1.34):

$$t_{дон} = 0,16 + 0,12 + 0,08 = 0,36 \text{ хв.}$$

Визначимо штучний час за формулою (1.37):

$$T_{шт} = (0,36 + 0,11) \cdot 1,1 = 0,52 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно–калькуляційний час за формулою (1.38):

$$T_{нз} = 25 \text{ хв.}$$

Таким чином:

$$T_{шт-к} = 0,52 + \frac{25}{18} = 1,9 \text{ хв.}$$

1.6.3 Операція 045 – Свердлильна з ЧПК

Ескіз операції представлено на рис. 1.6.

Операція виконується на вертикально–свердлильному верстаті 2Н125.

Свердло спіральне ліве $\varnothing 4$ Р6М5 ГОСТ 10903–77.

Зенкер $\varnothing 4,8$ Р6М5 ГОСТ 12489–71.

Глибина свердління – $t_{св} = 2$ мм, $t_{зенк} = 0,4$ мм.

Подача для свердління:

$S_{табл} = 0,08 \dots 0,1$ [3, табл. 25, с. 277].

Приймаємо $S = 0,1$ мм.

Подача для зенкерування:

$S_{табл} = 0,35 \dots 0,5$ [3, табл. 26, с. 277].

Приймаємо $S = 0,3$ мм.

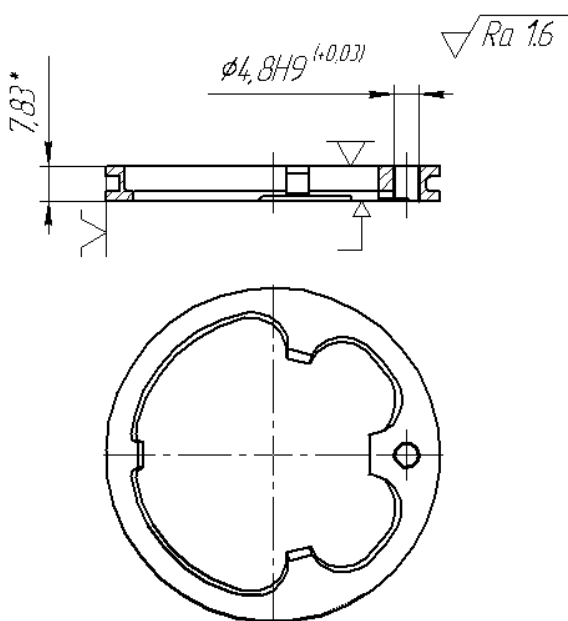


Рисунок 1.6 – Операційний ескіз

Розраховуємо швидкість головного руху різання за формулою:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_{VM} \cdot K_{VII} \cdot K_{VI}, \quad (1.43)$$

де $C_v = 7$; $q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$; $T = 45$ хв;

$K_{VI} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує глибину свердління [2, табл. 31, с. 279];

$K_{VII} = 0,91$ – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу різальної частини інструменту [3, табл. 6, с. 263].

$$K_{MM} = 1 \cdot \left(\frac{750}{650} \right)^{0.9} = 1,13.$$

$$V_{св} = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 = 32 \text{ м/хв.}$$

$$V_{зен} = \frac{7 \cdot 4,8^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,4^{0,7}} \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1 = 16 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя за формулою (1.30):

$$n_{св} = \frac{1000 \cdot 32}{3,14 \cdot 4} = 2547 \text{ об/хв};$$

$$n_{зенк} = \frac{1000 \cdot 16}{3,14 \cdot 4,8} = 1061 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо по паспорту верстата: $n_{св} = 1600$ об/хв, $n_{зенк} = 750$ об/хв.

Дійсна швидкість різання за формулою (1.31):

$$V_{св} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 1600}{1000} = 20 \text{ м/хв.}$$

$$V_{зен} = \frac{3,14 \cdot 4,8 \cdot 750}{1000} = 11 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо основний час обробки (1.33):

$$t_0 = \frac{1,5 + 7,83 + 2}{0,1 \cdot 1600} = 0,07 \text{ хв.}$$

$$t_0 = \frac{1,5 + 7,83 + 2}{0,3 \cdot 750} = 0,05 \text{ хв.}$$

$$t_0 = 0,07 + 0,05 = 0,12 \text{ хв.}$$

Визначення допоміжного часу [4, с. 267, карта 42]:

- а) встановлення і зняття – 0,4 хв;
- б) закріплення затискачем – 0,04 хв;
- в) включити обороти шпинделя – 0,03 хв;
- г) змастити деталь, інструмент – 0,04 хв;
- д) вмикання–вимикання верстата – 0,02 хв;

е) на виведення свердла для видалення стружки – 0,08 хв;

ж) на перехід – 0,03 хв;

з) вимірювання отвору калібром–пробкою – 0,04 хв.

$$t_{\text{дон}} = 0,4 + 0,04 + 0,03 + 0,04 + 0,02 + 0,08 + 0,03 + 0,04 = 0,68 \text{ хв.}$$

Визначимо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = (0,12 + 0,68) \cdot 1,1 = 0,88 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно–калькуляційний час за формулою (1.38):

де $T_{\text{пз}} = 25$ хв – підготовчо–заключний час на додаткові роботи.

Таким чином:

$$T_{\text{шт-к}} = 0,88 + \frac{25}{18} = 2,26 \text{ хв.}$$

Розраховані значення норм часу для інших операцій заносимо в табл. 1.12.

Таблиця 1.12 – Результати розрахунку режимів різання і норм часу

Номер і назва операції	№ пр.	Режими різання					Норми часу			
		Глибина різання t , мм	Кількість проходів i	Подача S , мм/об	Швидк. різання V , м/хв	Частота обертання n , об/хв	Основний час t_o , хв	Допоміжний час $T_{доп}$, хв	Штучний час $t_{шт}$, хв	Штучно-калькуляц. час $t_{ш-к}$, хв
015 Площинношліфувальна	01	0,6	50 подв.хід	0,005мм/подв.хід	50	1910	2,3	0,8	3,35	4,74
	02	0,6	50 подв.хід	0,005мм/подв.хід	50	1910				
025 Токарна з ЧПК	01	1,5	2	0,3	80	910	4,5	0,88	5,81	7,2
	02	6,5	1	0,1	75	910				
030 Токарна з ЧПК	01	1,4	2	0,4	75	630	0,3	0,88	1,28	2,66
	02	0,5	2	0,1	135	1100				
035 Токарна з ЧПК	01	0,5	2	0,1	70,6	500	0,52	0,88	6,56	7,96
045 Свердлильна	01	2	1	0,1	20	1600	0,12	0,68	0,88	2,26
	02	0,4	1	0,3	11	750				
050 Фрезерна с ЧПК	01	2	6	50мм/хв	35	510	8,2	0,6	9,5	10,89
055 Фрезерна	01	1,5	1	60мм/хв	14	1500	0,11	0,36	0,52	1,9
060 Свердлильна	01	1,2	1	0,2	15	630	2,8	0,68	3,75	5,15
	02	0,4	1	0,2	11	630				
070 Плоскошліфувальна	01	0,6	50 подв.хід	0,005мм/подв.хід	50	1910	2,9	0,8	3,99	5,38
	02	0,6	50 подв.хід	0,005мм/подв.хід	50	1910				
075 Свердлильна	01	0,75	1	0,1	25	1500	4,6	0,68	5,7	7,09
	02	0,75	1	0,1	25	1500				
085 Свердлильна	01	0,4	1	0,1	13	1500	1,1	0,68	1,92	3,31
090 Свердлильна	01	0,4	1	0,1	13	1500	1,1	0,68	1,92	3,31
100 Свердлильна	01	0,1	1	1	35	1500	1,5	0,68	2,35	3,74
135 Круглошліфувальна	01	0,2	3	0,005	35/45	1670/350	2,5	1,33	4,13	5,53

1.7 Використання пакету NX для розробки керуючих програм операцій на верстатах з ЧПК

1.7.1 Розробка токарної операції 030 за допомогою модуля NX CAM

При розробці токарної операції 030 в NX CAM створимо геометрію деталі на даний момент ТП для більш точного результату. Для розрахунку обираємо токарну розточувальну операцію (Finish Bore). Для початку необхідно задати контур деталі (рис. 1.7). Вказуємо геометрію заготовки, обов'язково замкнутий контур (рис. 1.8).

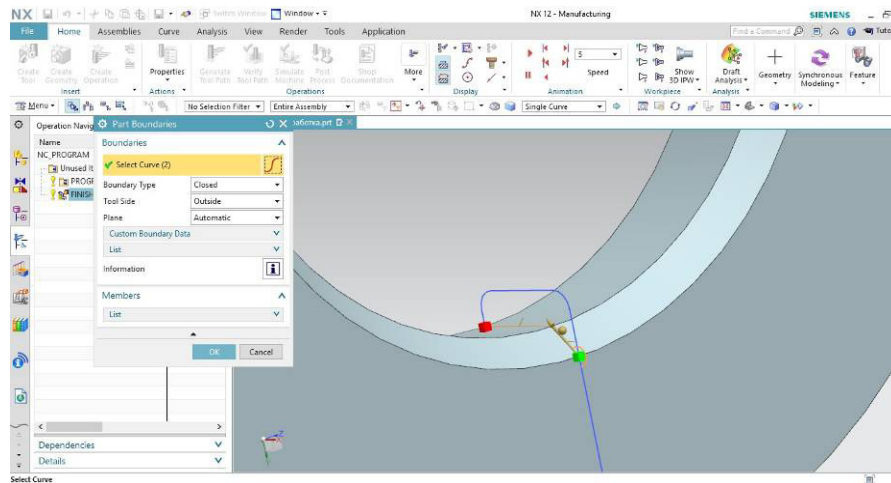


Рисунок 1.7 – Контур деталі

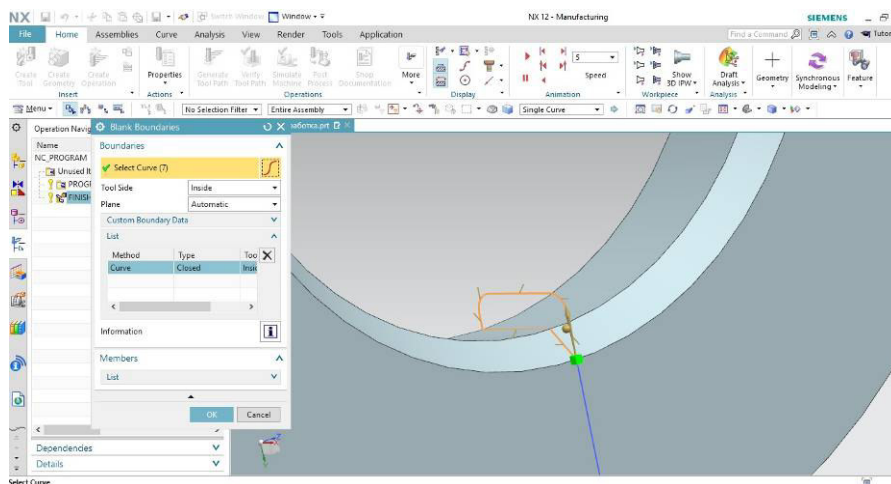


Рисунок 1.8 – Контур заготовки

Вказуємо параметри інструменту (рис. 1.9).

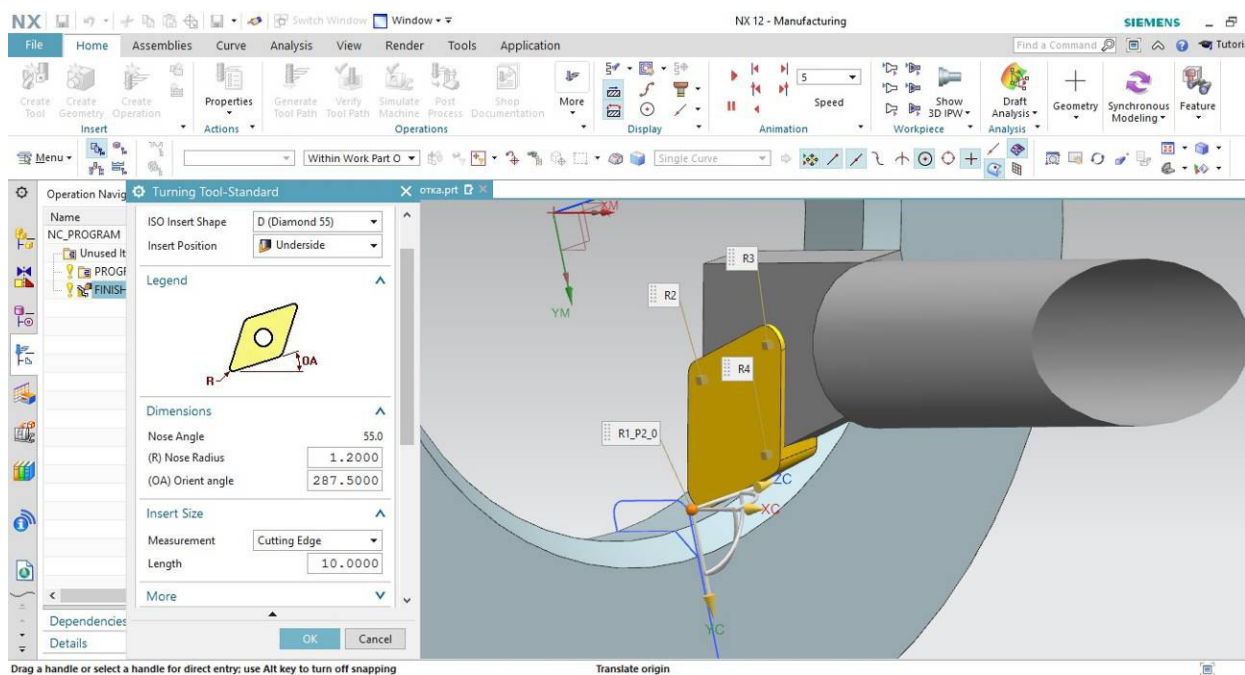


Рисунок 1.9 – Параметри інструменту

Задаємо режими різання, подача задається в параметрах операції, а швидкість різання задаємо у окремому вікні (рис. 1.10).

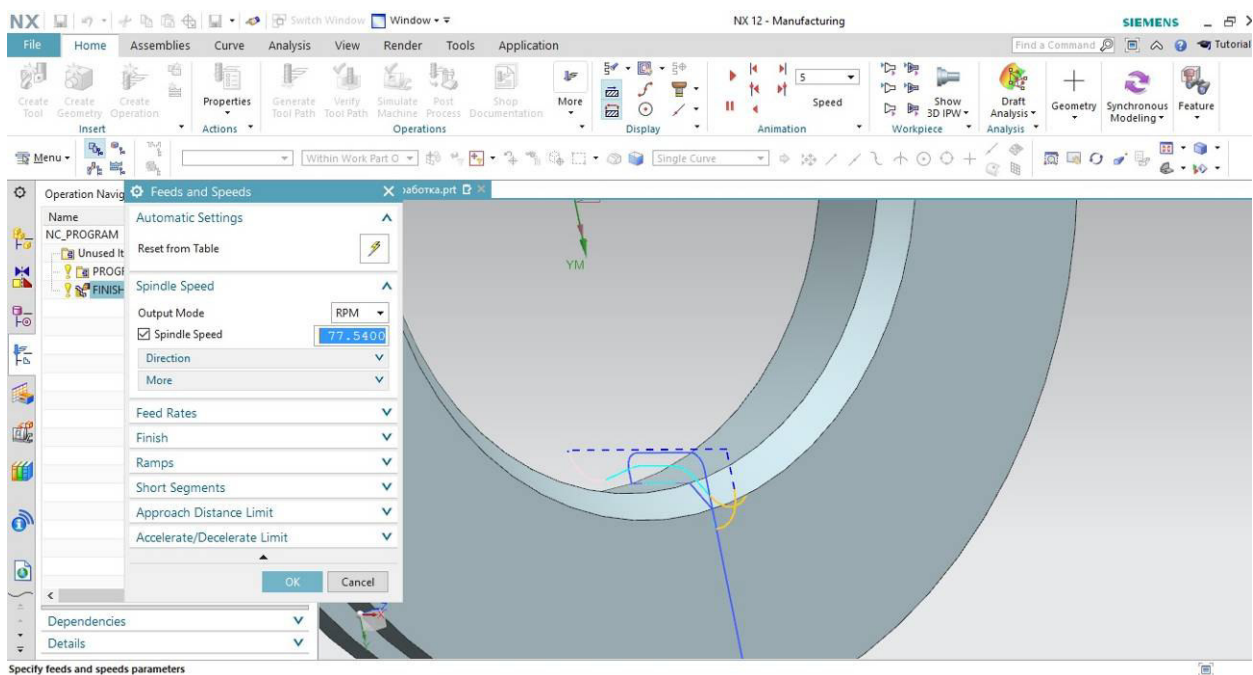


Рисунок 1.10 – Режими різання

Генеруємо операцію і перевіряємо траекторію (рис. 1.11).

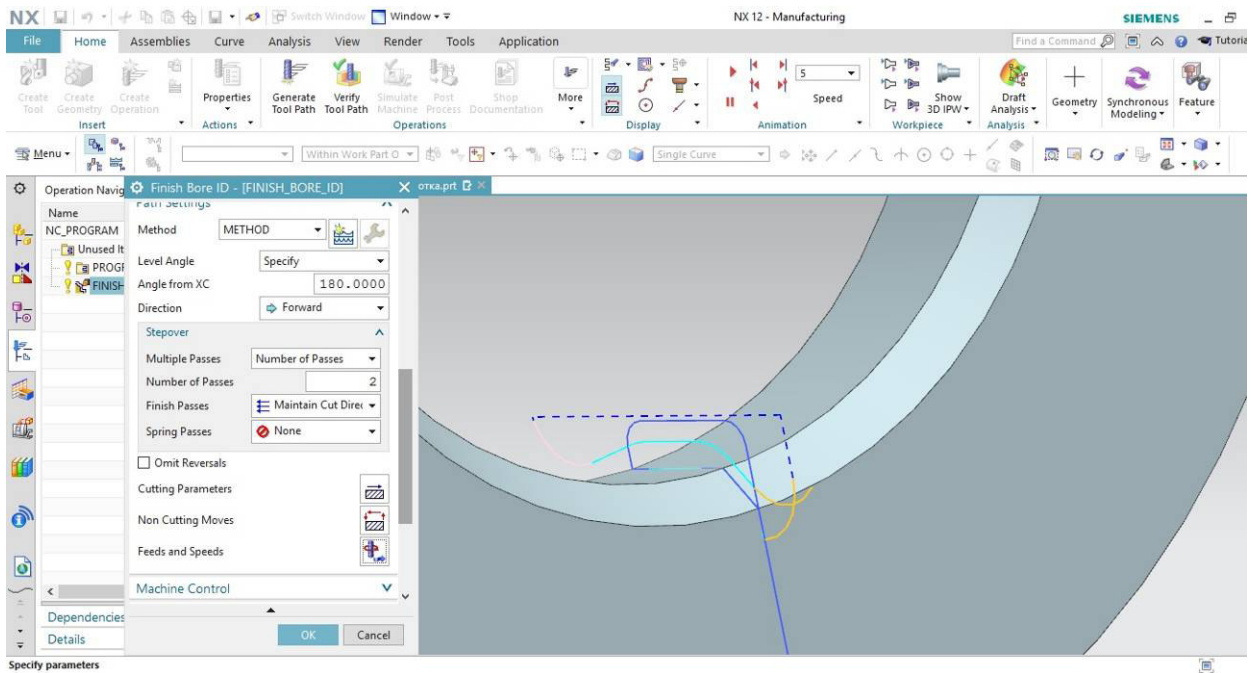


Рисунок 1.12 – Траекторія обробки

Вмикаємо візуалізацію операції і перевіряємо результат (рис. 1.13).

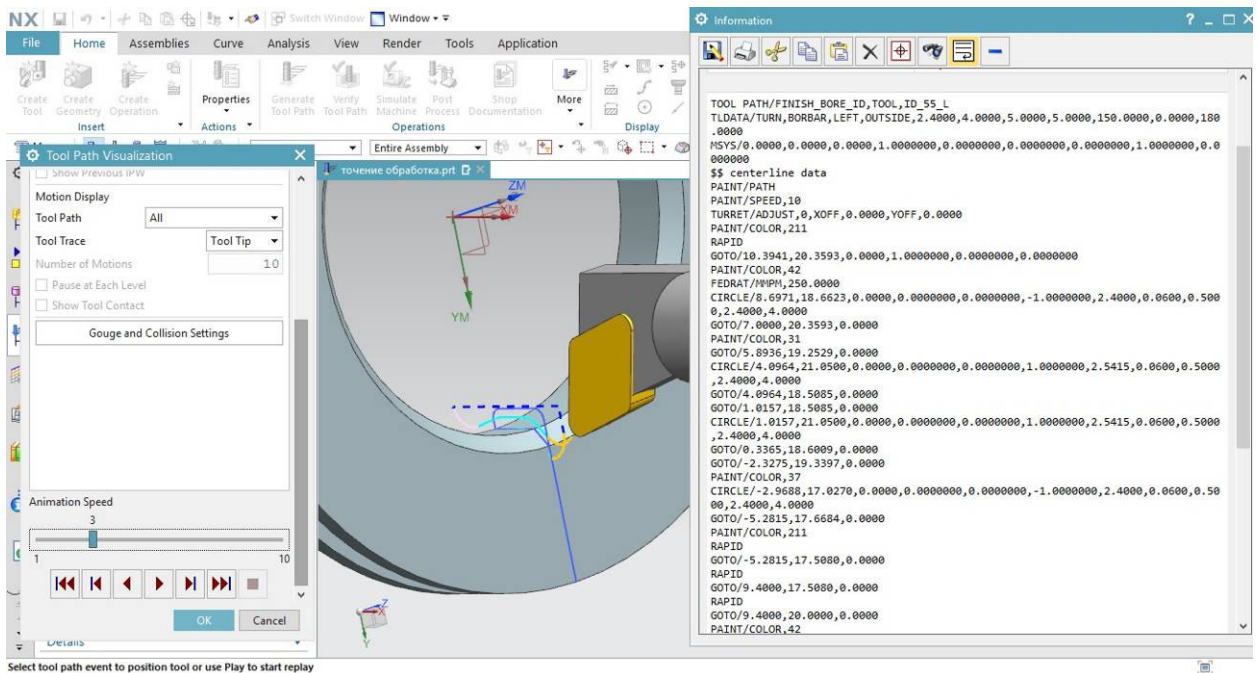


Рисунок 1.13 – Результат обробки

1.7.2 Розробка свердлильної операції 045

Для отримання отвору обираємо операцію свердління (Drilling). Другим переходом є зенкерування. Вказуємо геометрію деталі, заготовки та контрольну геометрію. Після цього вказуємо оброблюваний отвір (рис. 1.14).

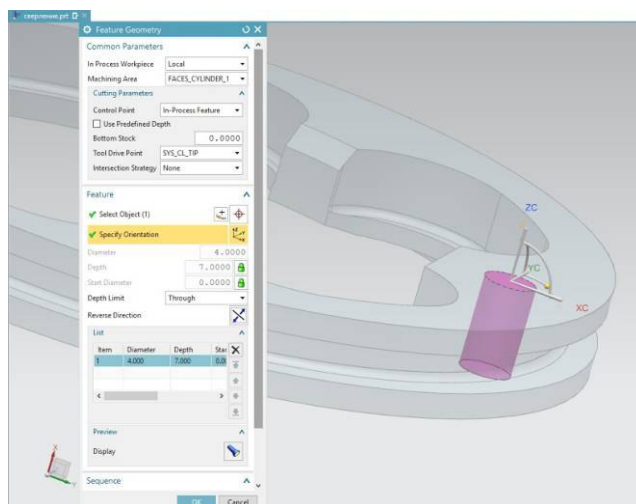


Рисунок 1.14 – Зображення обраного отвору

Після вказування геометрії задаємо параметри інструменту (рис. 1.15). Вказуємо швидкість різання та подачу. Генеруємо траєкторію свердління отвору першого переходу.

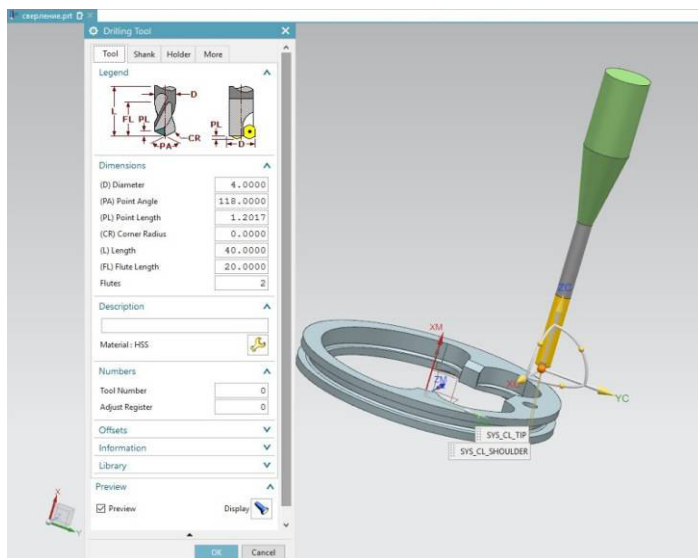


Рисунок 1.15 – Параметри інструменту

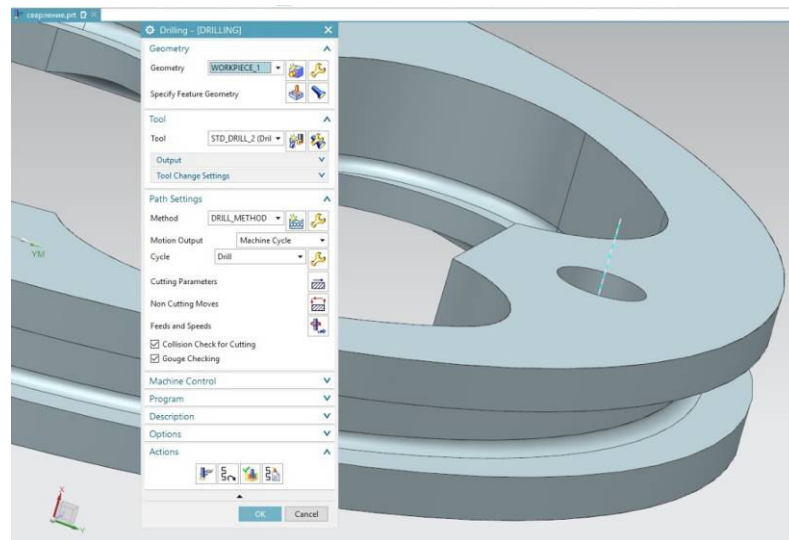


Рисунок 1.16 – Траєкторія руху інструменту

Вмикаємо візуалізацію операції і дивимось на результат (рис. 1.17).

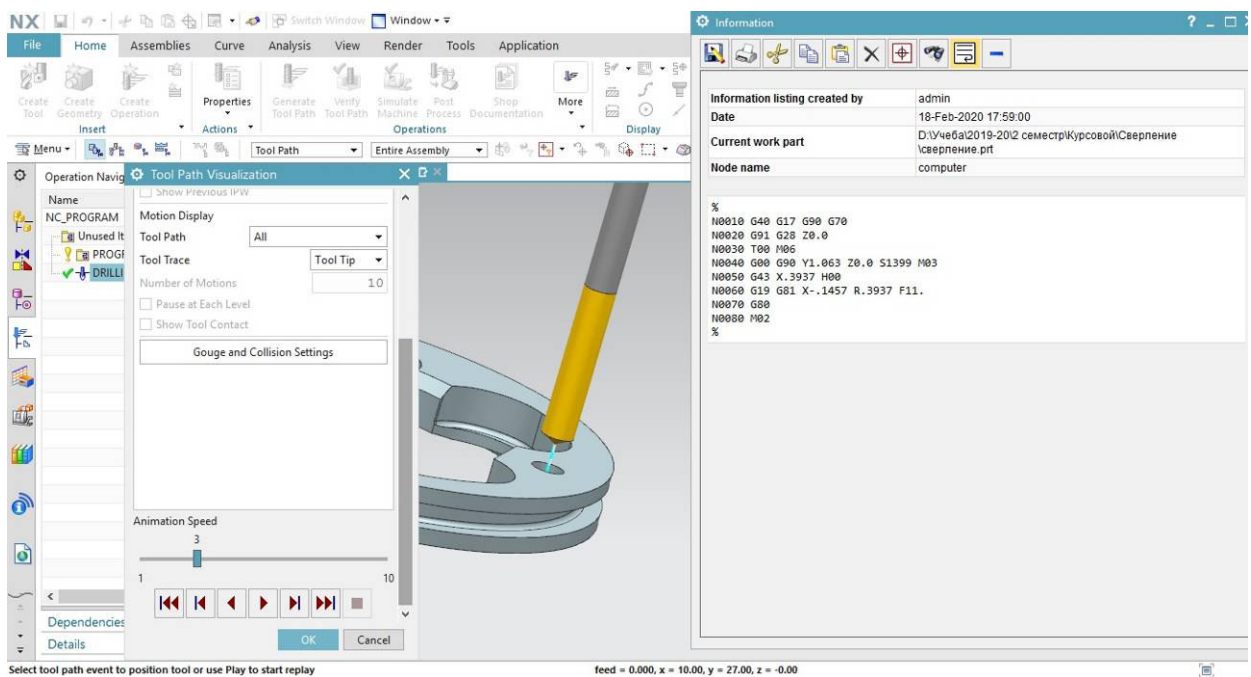


Рисунок 1.17 – Результат виконання операції, керуюча програма в G-кодах

Другий перехід – зенкерування. Для зенкерування отвору обираємо операцію свердління (Drilling) і необхідно використовувати інструмент Core Drill. Операцію зенкерування будемо в тій послідовності, що і свердління. Вказуємо геометрію деталі, заготовки та контрольну геометрію. Після цього вказуємо оброблюваний отвір, задаємо параметри інструменту (рис. 1.18), режими різання

(швидкість різання та подачу). Генеруємо траєкторію зенкерування отвору та керуючу програму (рис. 1.19).

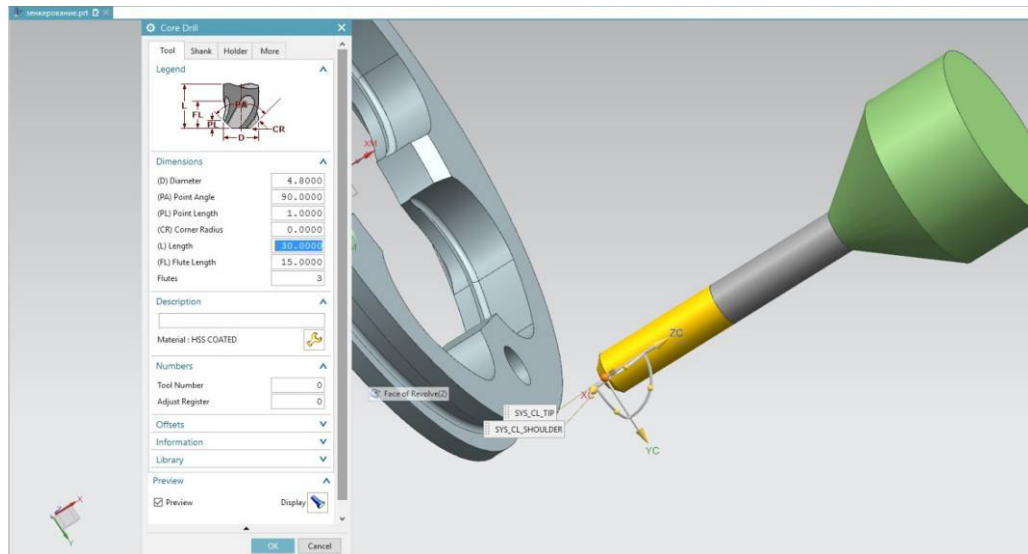


Рисунок 1.18 – Параметри інструменту

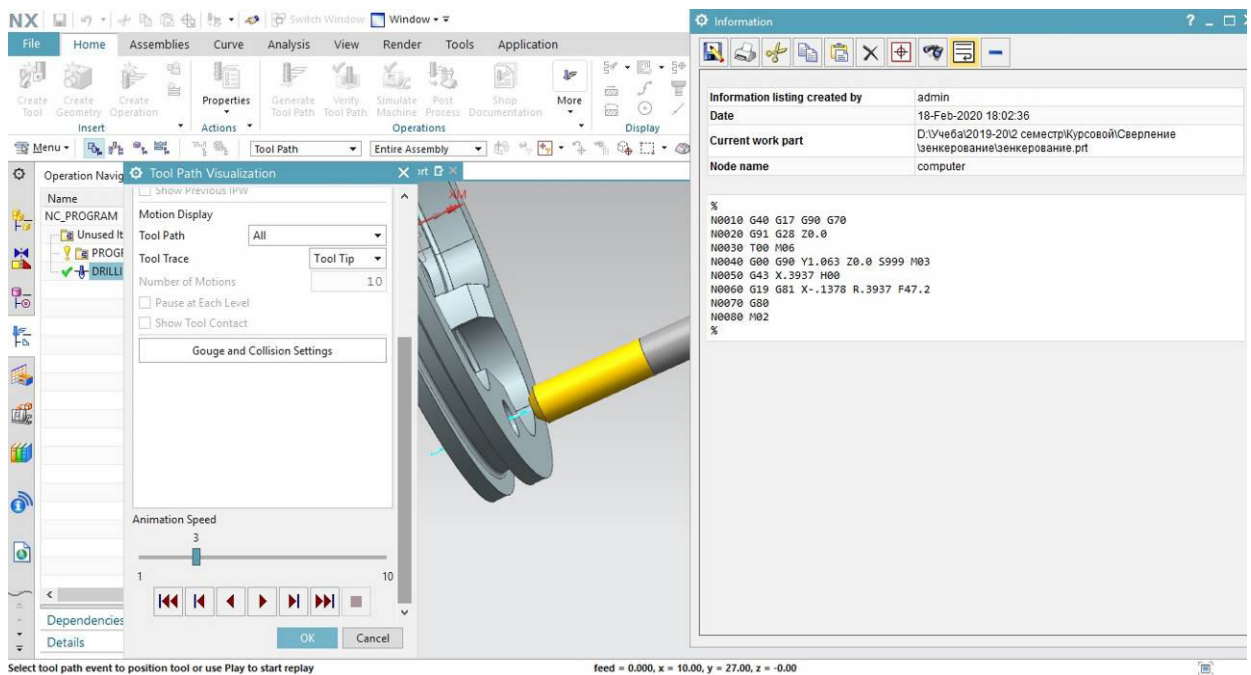


Рисунок 1.19 – Результат виконання другого переходу (зенкерування) та код програми обробки

1.7.3 Розробка фрезерної операції 055 за допомогою модуля NX CAM

Для фрезерування пазу обираємо операцію свердління (Milling). Вказуємо геометрію деталі, заготовки та контрольну геометрію. Після цього вказуємо оброблюваний паз (рис. 1.20), вказуємо параметри інструменту (рис. 1.21), швидкість різання та подачу.

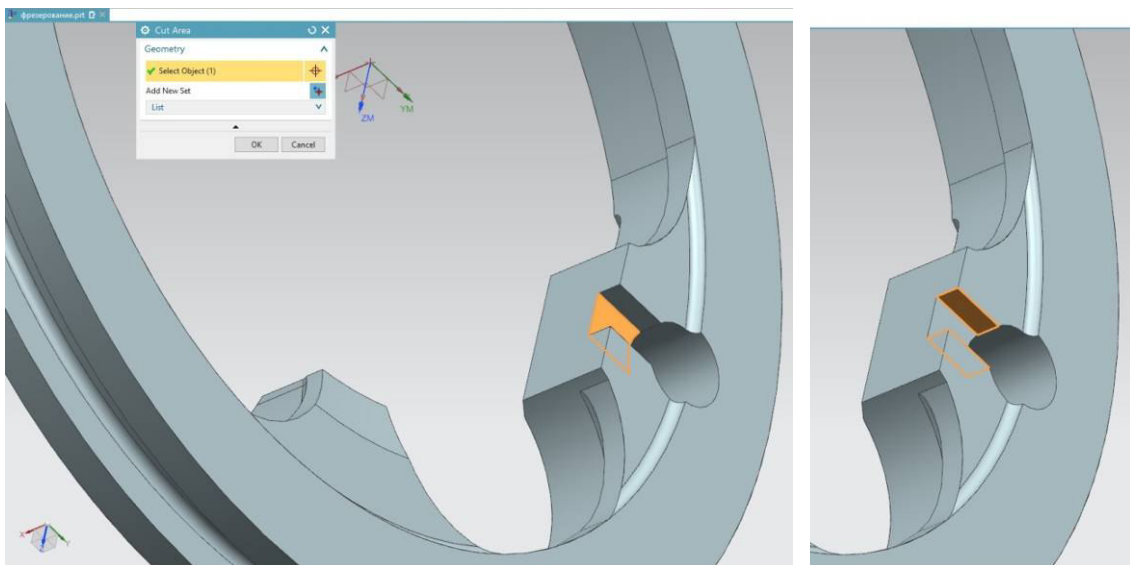


Рисунок 1.20 – Геометрія обраного дна та стінок пазу

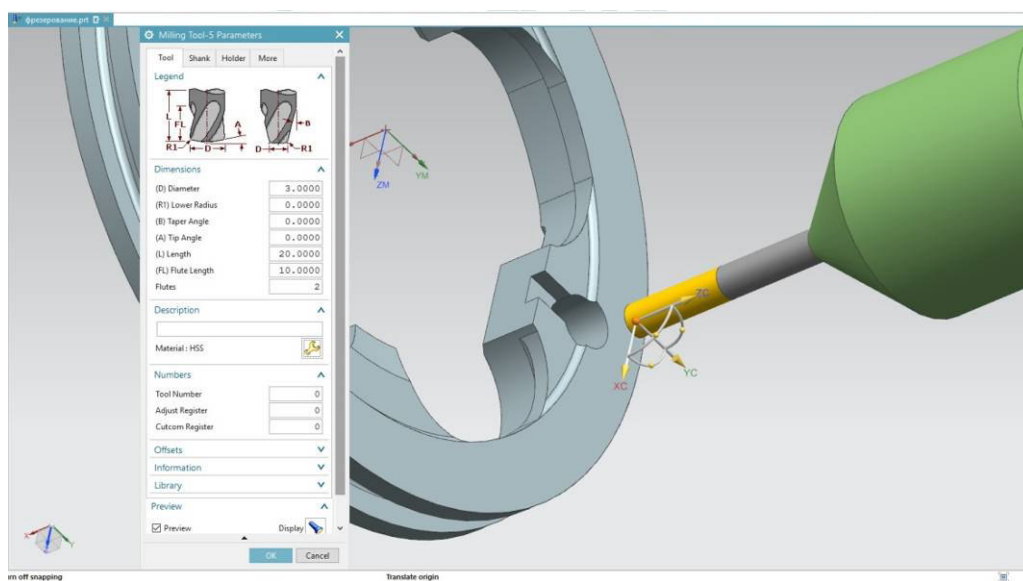


Рисунок 1.21 – Параметри інструменту

Генеруємо траєкторію фрезерування пазу (рис. 1.22).

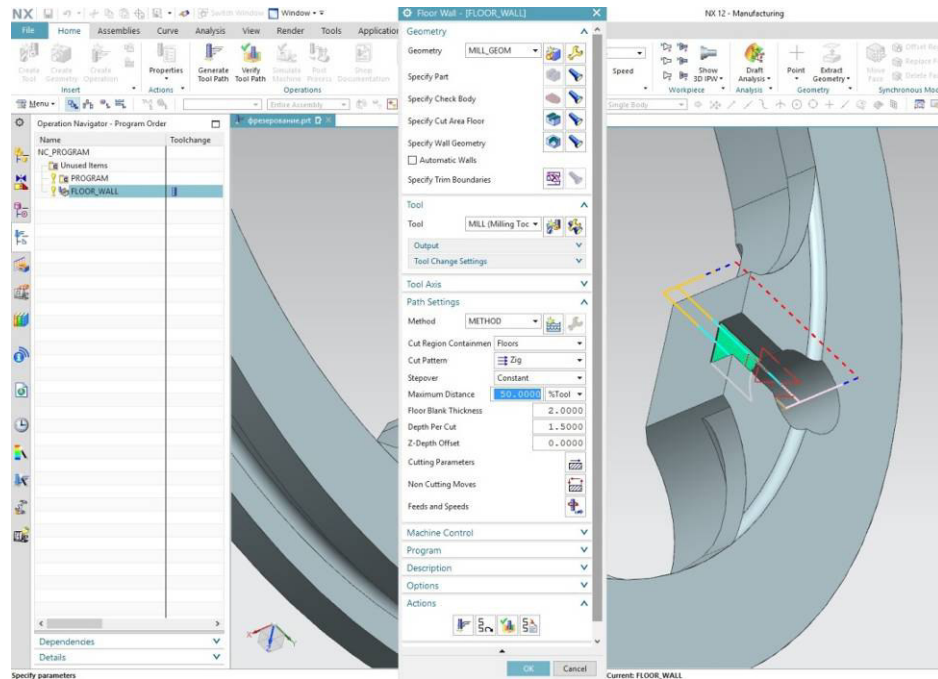


Рисунок 1.22 – Траекторія руху інструменту

Вмикаємо візуалізацію операції і перевіряємо результат (рис. 1.23).

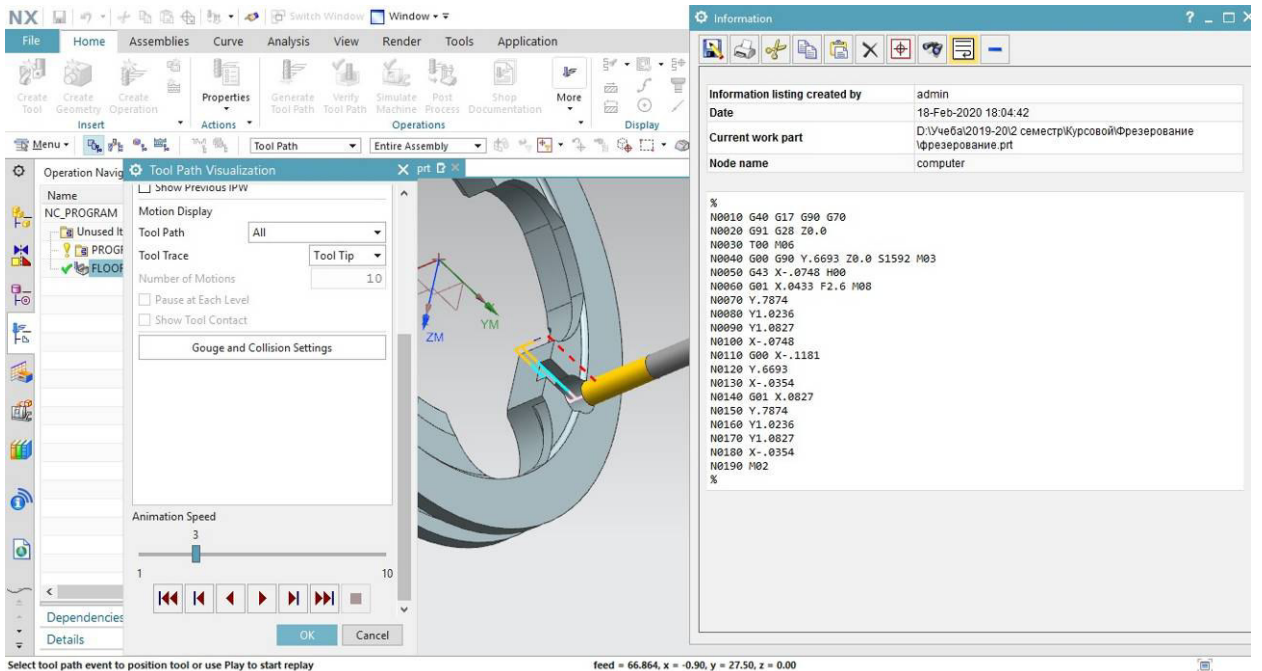


Рисунок 1.23 – Результат виконання операції та код програми обробки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Дане пристосування призначене для закріплення кільця при фрезеруванні паза.

Оброблювана заготовка встановлюється в оправку. Пневмоциліндр, встановлений в корпусі, при зворотно–поступальному пересуванні поршня за допомогою штока давить на розрізну шайбу, яка, в свою чергу, притискає деталь. При подаванні повітря поршень опускається вниз тягне за собою шток і шайбою притискає деталь.

Після закінчення обробки тиск повітря забирається і шток пневмоциліндра переміщується вгору під дією пружини, відпускає шайбу і звільняє оброблену деталь.

2.1.2 Обґрунтування способу базування оброблюваної деталі і розрахунок похибки встановлення

Похибка встановлення $\varepsilon_{вст}$, як одна зі складових загальної похибки розміру, який виконується, складається з похибки базування $\varepsilon_{баз}$ і закріплення $\varepsilon_{зак}$ і розраховується за формулою (2.1) [5]:

$$\varepsilon_{вст} = \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{зак} \quad (2.1)$$

Похибкою базування називається різниця граничних відстаней вимірювальної бази щодо встановленого на розмір інструменту. Розрахунки

похибки базування для різних схем установки можна уявити відстанню між граничними положеннями проєкцій вимірювальної бази на напрямок виконуваного розміру.

Деталь встановлюємо за розміром з посадкою $\text{Ø}67,78 \text{ H}8/\text{h}10$ (рис. 2.1).

Похибка базування визначається за формулою (2.2):

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

де S_{max} – максимальний зазор в з'єднанні, мм.

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

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} = 67,78 - 67,66 = 0,166 \text{ мм.}$$

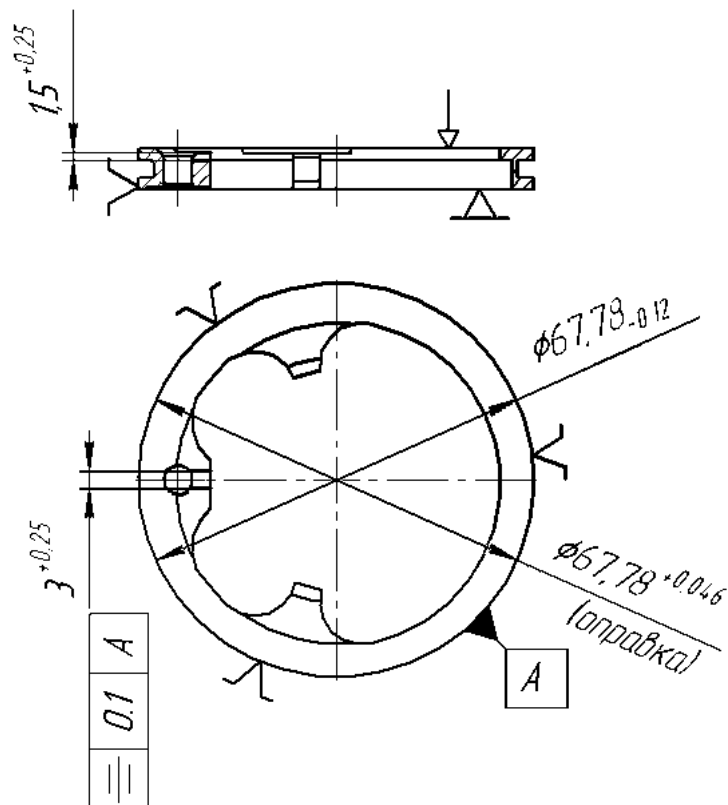


Рисунок 2.1 – Схема встановлення заготовки

Через те, що напрями сили затиску та розмір обробки перпендикулярні, то похибка закріплення дорівнює нулю: $\varepsilon_{закр} = 0$.

Похибку встановлення визначаємо за формулою (2.1):

$$\varepsilon_y = 0,166 + 0 = 0,166 \text{ мм.}$$

2.1.3 Розрахунок пристосування на точність

Налаштування інструменту на розмір обробки проводиться за допомогою установка–габарита [5]. Щоб уникнути зношення основної поверхні установка користуються щупом, що показано на (рис. 2.2).

При фрезеруванні пазі найчастіше користуються висотними установками.

Розрахунок на точність фрезерних пристосувань полягає у визначенні виконавчих розмірів на установ [5].

Визначення номінального розміру установка за формулами (2.4 – 2.8).

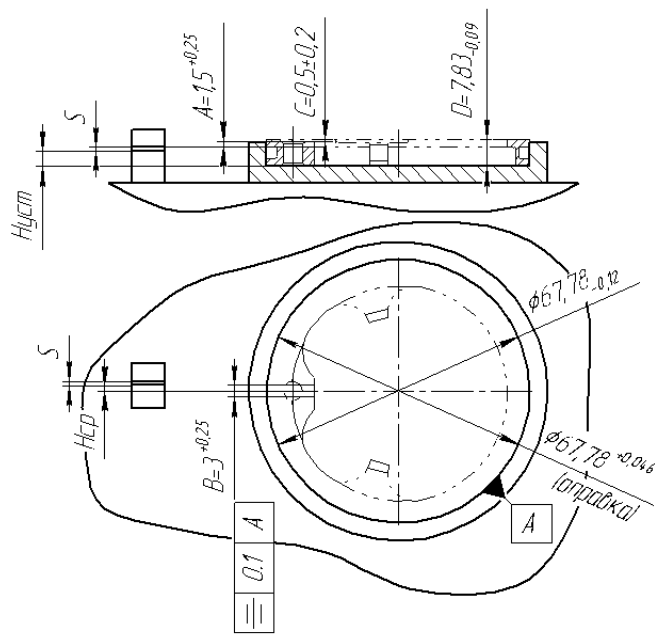


Рисунок 2.2 – Схема розрахунку

$$A_{cep} = A - \frac{TA}{2} \quad (2.4)$$

$$A_{cep} = 3 + \frac{0,25}{2} = 3,125 \text{ MM.}$$

$$D_{cep} = D - \frac{TD}{2} \quad (2.5)$$

$$D_{cep} = 7,83 + \frac{0,09}{2} = 7,785 \text{ MM.}$$

$$C_{cep} = C - \frac{TC}{2} \quad (2.6)$$

$$C_{cep} = 0,7 + \frac{0,4}{2} = 0,5 \text{ MM.}$$

$$S_{cep} = S - \frac{TS}{2} \quad (2.7)$$

$$S_{cp} = 1 + \frac{0,006}{2} = 0,997 \text{ MM.}$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95. \quad (2.8)$$

$$H_{cp} = 7,785 - 3,125 - 0,997 - 0,5 = 3,16 \text{ MM.}$$

Визначення допуску на установ за формулою (2.9):

$$TH_{уст} \leq TA - (K_1 \cdot \varepsilon_{баз} + \varepsilon_{закр} + K_2 \cdot \omega) \quad (2.9)$$

де TA – допуск на розмір обробки, мм;

$K_1 = 0,8..0,85$ – коефіцієнт, щодо реальної похибки базування;

$K_2 = 0,6..0,65$ – коефіцієнт, щодо частки середньо–економічної точності обробки і не залежить від конструкції пристосування;

$\omega = 0,016$ мм – середня економічна точність обробки [5].

$$TH_{уст} \leq 0,25 - (0,8 \cdot 0,166 + 0 + 0,6 \cdot 0,016) = 0,107 \Rightarrow 0,05 \text{ мм.}$$

За формулою (2.10):

$$TH = 0,05 \leq \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{3} \right) T_{обр} \quad (2.10)$$

$$TH = 0,05 \leq \frac{1}{3} \cdot 0,25 = 0,083 \text{ мм.}$$

Виконавчий розмір установка:

$$H_{уст} \pm TH_{уст} = 3,16_{-0,05}$$

$$\frac{B_{сп}}{2} = \frac{\left(B + EJ + \frac{EJ - ES}{2} \right)}{2} = \frac{\left(3 + 0 + \frac{0,25 - 0}{2} \right)}{2} = 1,562 \text{ мм.}$$

$$H_{сп} = \frac{B_{сп}}{2} + S = 1,562 + 0,997 = 2,56 \text{ мм.}$$

$S = 1_{-0,006}$ мм – товщина щупа; $T_{Т.Т.} = 0,1$ мм – допуск форми.

За формулою (2.11):

$$TH_{уст} \leq T_{Т.Т.} - k\omega \quad (2.11)$$

$$TH_{уст} \leq T_{Т.Т.} - k\omega = 0,1 - 0,6 \cdot 0,03 = 0,082 \rightarrow 0,05 \text{ мм.}$$

$$TH = 0,05 \leq \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{3} \right) T_{обр} = \frac{1}{3} \cdot 0,25 = 0,083 \text{ мм.}$$

$$H = 2,56^{+0,05}.$$

2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску заготовки в пристосуванні

Затискна ефективність в основному залежить від напрямку і місця прикладання сили. Затискні пристрої необхідні для утримання заготовки під час її обробки [5].

Вихідною величиною для розрахунків є сумарний момент різання $\sum M_{різ}$, що діє на заготовку при її обробці.

Виходячи з умови статистичного рівноваги (рис. 2.3), за формулами (2.12–2.17):

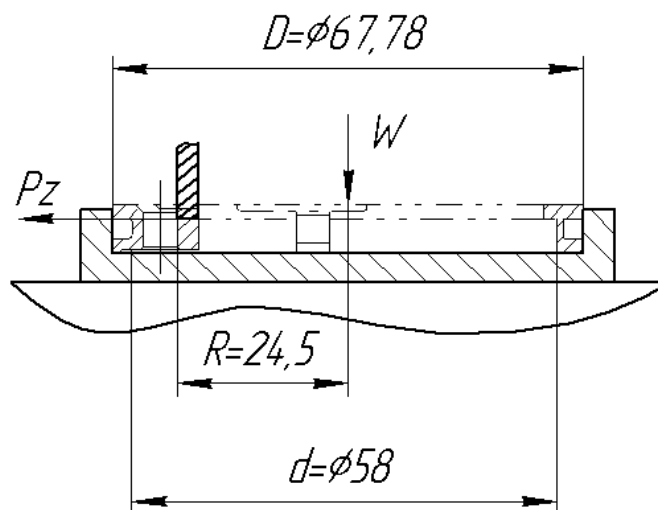


Рисунок 2.3 – Схема до визначення сили закріплення

$$\sum M_{pi3} = M_{mp} \cdot \quad (2.12)$$

$$M_{mp} = \frac{W_{cm} f(D^2 - d^2)}{3(D^3 - d^3)}. \quad (2.13)$$

$$W_{cm} = \frac{3M_p(D^3 - d^3)}{f(D^2 - d^2)}. \quad (2.14)$$

$$M_p = P_z \cdot R \quad (2.15)$$

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B_z^n \phi}{D_\phi^q n^w} K_{mp}, \quad (2.16)$$

де $x = 0,86$, $y = 0,72$, $q = 0,86$, $w = 0$, $n = 1$, $C_p = 68,2$ [3, табл. 241, с. 291].

K_{mp} – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^{0,3} \quad (2.17)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,95.$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,5^{0,86} \cdot 0,02^{0,72} \cdot 3^1 \cdot 2}{3^{0,86} \cdot 1500^0} \cdot 0,95 = 127 \text{ Н.}$$

$$M_p = 0,0245 \cdot 127 = 3,1 \text{ Нм.}$$

$$W_{cm} = \frac{3 \cdot 3,1 \cdot (0,06778^2 - 0,058^2)}{0,15 \cdot (0,06778^3 - 0,058^3)} = 639,8 \text{ Н.}$$

Визначається дійсна сила затиску за формулою (2.18):

$$W = kW_{cm}, \quad (2.18)$$

де k – коефіцієнт запасу закріплення.

Визначаємо коефіцієнт закріплення за формулою (2.19):

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \quad (2.19)$$

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

k_1 – коефіцієнт щодо зміни (коливання) сил різання в процесі обробки через нерівномірність припусків, $k_1 = 1$ [5];

k_2 – коефіцієнт щодо нерівномірності сил різання при обробці припуску, $k_2 = 1,2$ [5];

k_3 – коефіцієнт щодо залежності від виду обробки, оброблюваного матеріалу, $k_3 = 1$ [5];

k_4 – коефіцієнт щодо характеристики затискного пристрою, $k_4 = 1$ [5];

k_5 – коефіцієнт щодо ручного затиску з точки зору зручності закріплення деталі, $k_5 = 1$ [5];

k_6 – коефіцієнт щодо розрахунку сили затиску, залежить від виду опорної поверхні, $k_6 = 1$ по [5].

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1,8.$$

$$W = 639,8 \cdot 1,8 = 1151,7H$$

2.1.4 Розрахунок необхідної сили затиску. Вибір приводу

Конструкція приводу для закріплення цієї деталі складається з пневматичного пристрою, який включає в себе електродвигун, насос, апаратуру управління і регулювання, пневмоциліндри і трубопроводи.

Перевагами пневматичного пристрою є швидкість дії. До недоліків відносять низький коефіцієнт корисної дії та великі габарити [5].

Діаметр штока пневмоциліндра розраховується за наступною формулою (2.20) [5]:

$$d = \sqrt{\frac{4\alpha W}{\pi[\sigma]}}, \quad (2.20)$$

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

$[\sigma]$ – допустиме напруження на розтягання для сталі 40Х, $[\sigma] = 100 \text{ МПа}$:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,25 \cdot 1151,7}{3,14 \cdot 100}} = 5,7 \text{ мм.}$$

Діаметр циліндра знаходимо за формулою (2.21):

$$D = \sqrt{\frac{4W}{p\eta\pi} + d^2}, \quad (2.21)$$

де η – ККД, враховує втрати на тертя, $\eta = 0,85$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1151,7}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,85} + 28^2} = 83 \Rightarrow 100 \text{ мм.}$$

Приймаємо пневмоциліндр з діаметром поршня 100 мм, мінімальним діаметром штока 28 мм, діаметром різі на штоці M10 і ходом поршня, що дорівнює 20 мм [5, табл. 7.3].

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Опис контрольного пристосування

Це пристосування призначене для перевірки паралельності торців. Пристрій складається з корпусу 1, плити 2, кронштейна 5, гвинта 6 і індикаторних годинників 10.

Деталь встановлюється на плиту за зовнішнім діаметром до упору в ролики. Опускається ніжка індикаторного годинника і фіксується гвинтом, деталь провертається, знімаються показання. [6]

Схему контрольного пристосування зображено на рис. 2.4.

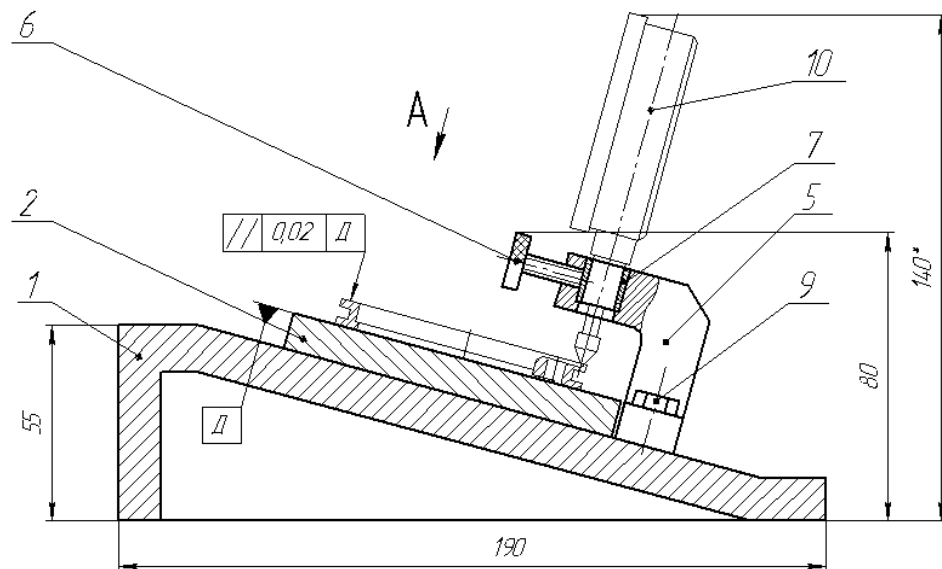


Рисунок 2.4 – Ескіз контрольного пристосування

2.2.2 Вибір і обґрунтування засобу вимірювання

Сумарна похибка вимірювання КВП винаходиться як частина допуску контрольованого параметра за формулою (2.22) [6]:

$$|\delta_{\text{вим}}| = K \cdot IT, \quad (2.22)$$

де K - коефіцієнт, який залежить від якості або ступеня точності контрольованого параметра і може приймати значення від 0,2 до 0,35. Для $IT7 - K = 0,35$.

$$|\delta_{\text{вим}}| = K \cdot IT = 0,35 \cdot 20 = 7 \text{ мкм.}$$

Відповідно до ГОСТ 8.051–81 рекомендовано прийняти $|\delta_{\text{вим}}| = K \cdot IT = 10$ мкм.

Визначаємо допустиму похибку засобу вимірювання (інструментальну похибку) за формулою (2.23) [6]:

$$|\Delta_{\text{ін}}| = 0,7 |\delta_{\text{вим}}|. \quad (2.23)$$

$$|\Delta_{\text{ін}}| = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мкм.}$$

Ціна поділення визначається в залежності від величини допустимої інструментальної похибки ЗВ.

Приймаємо: $|\Delta_{\text{і}}| = 1 \text{ мкм.}$

Межа вимірювання приймається за формулою (2.23) [6]:

$$/A/ = 4 \cdot IT \quad (2.23)$$

$$/A/ = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мкм} = 0,08 \text{ мм.}$$

Приймаємо 1 мм.

Вимірювальна умова P_{ey} в основному, обумовлюється характером поверхонь при вимірюванні, жорсткістю контрольованої поверхні, величиною допуску вимірюваного параметра. Оскільки обмеження на його величину відсутні, приймаємо $/P_{\text{ey}}/ = 5 \text{ Н.}$ Допустиме коливання вимірювального зусилля прийняте величиною $\Delta P_{\text{ey}} = 1 \text{ Н.}$ [6]

Основним нормованим показником надійності ЗВ є напрацювання ΔP_{ey} до першої відмови при ймовірності безвідмовної роботи P . Відповідно до ГОСТ 23642–79 знайдемо кількість циклів вимірювань, що забезпечує задану кількість контрольних операцій за формулою (2.24) [6]:

$$t(P) = 1500 \cdot 2 = 3000 \quad (2.24)$$

Для забезпечення безвідмовної роботи задамося ймовірністю $P = 0,85$, виходячи з можливостей вимірювальних засобів.

Коли відомі допустимі значення за метрологічними, експлуатаційним і показниками надійності, приступаємо до підбору ЗВ. Пошук здійснюємо в таблицях технічних характеристик [6]. Найбільш близьким за показниками є індикатор годинникового типу моделі ІЧ–10 (клас І), параметри якого наведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика для індикаторної вимірювальної головки моделі ІЧ–10

Параметр	Значення
Зусилля на ніжці індикаторних годин	$P_{ey} = 2 \text{ Н}$
Відхилення величини зусилля на ніжці індикаторного годинника	$\Delta P = 0,8 \text{ Н}$
Ціна поділення індикатора	$\Delta_{in} = 0,001 \text{ мм}$
Кількість вимірювань, які забезпечують задану точність	$t(P) = 100000$
Межа вимірювань за шкалою А	$A = 1 \text{ мм}$
Межа вимірювань за шкалою Б	$B = 10 \text{ мм}$

Зіставивши ці значення з допустимими (розрахунковими), приходимо до висновку, що задані умови точності, надійності і економічності виконуються.

$$\Delta_{in} = 0,01 = |\Delta_{in}| = 0,01 \text{ мм};$$

$$P_{ey} = 2 \leq |P_{ey}| = 5 \text{ Н};$$

$$c = 10 < |c| = 50 \text{ мкм};$$

$$\Delta P = 0,8 \leq |\Delta P| = 1 \text{ Н};$$

$$A = 1 > |A| = 0,2 \text{ мм};$$

$$t(P) = 30000 \geq |t(P)| = 5000;$$

$$B = 10 > |B| = 2 \text{ мм};$$

$$P = 0,9 \geq |P| = 0,85;$$

$$a = 2 \geq |a| = 2.$$

Для спроектованого КВП використовуємо індикатор годинникового типу моделі ИЧ–10 (клас точності – I, ГОСТ 577–68).

Ескіз обраної моделі представлено на рис. 2.5.

Габаритні розміри індикатора: $l \times d \times b = 108 \text{ мм} \times 56 \text{ мм} \times 24 \text{ мм}$, маса – 0,2 кг, стандарт на перевірку за інструкцією 141–55. Кінцевик забезпечено вставкою з твердого сплаву.



Рисунок 2.5 – Ескіз індикатора годинникового типу ИЧ–10

2.2.3 Розрахунок сумарної похибки вимірювання

В якості допустимої сумарної похибки вимірювання пристосування приймають частину (8...30%) заданого допуску розміру на робочому кресленні деталі.

Допустиму сумарну похибку вимірювання визначають за формулою (2.24):

$$\Delta_{\text{вим}} = \frac{1}{K} \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2 + \Delta_7^2}, \quad (2.24)$$

де Δ_1 – похибка базування і закріплення виробів, $\Delta_1 = 0$;

Δ_2 – частка похибки установки і зношення опорних елементів пристосування за формулою (2.25):

$$\Delta_2 = 0,05 \cdot a, \quad (2.25)$$

де a – відхилення оброблюваної поверхні щодо бази, мм.

$$\Delta_2 = 0,05 \cdot 0,020 = 0,001 \text{ мм.}$$

Δ_3 – частка похибки конструкції пристосування, мм за формулою (2.26):

$$\Delta_3 = (0,07...0,10)a. \quad (2.26)$$

$$\Delta_3 = 0,07 \cdot 0,020 = 0,0014 \text{ мм.}$$

Δ_4 – похибка, що залежить від ціни поділки індикатора, датчика,

$$\Delta_4 = 0,001 \text{ мм;}$$

$\Delta_5 = 0$ – похибка настроювання пристосування на зразок;

Δ_6 – похибка від контактних деформацій, мкм за формулою (2.27).

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}}, \quad (2.27)$$

де k – коефіцієнт, що залежить від матеріалу вимірювального наконечника, $k = 0,81$ – твердий сплав.

$$\Delta_6 = 0,43 \cdot k \cdot \sqrt[3]{\frac{P^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81 \cdot \sqrt[3]{\frac{2^2}{5}} = 0,32 \text{ мкм.}$$

Δ_7 – похибка від температурних деформацій, за формулою (2.28), мкм:

$$\Delta_7 = l\alpha(t_1 - t_2) \quad (2.28)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення, мкм/°С;

t_1, t_2 – температури вимірюваного об'єкта і вимірювального засобу, °С;

K – коефіцієнт відносного розсіювання, $K = 0,85$.

$$\Delta_7 = l\alpha(t_1 - t_2) = 14 \cdot 13,4 \cdot 10^{-6} \cdot 5 = 1 \text{ мкм.}$$

$$\Delta_{i3M} = \frac{1}{0,85} \sqrt{0^2 + 0,001^2 + 0,0014^2 + 0,001^2 + 0^2 + 0,00032^2 + 0,001^2} = 0,003 \text{ мм.}$$

В результаті розрахунку пристосування на точність сумарна похибка вимірювань дорівнює 0,003 мм, що менше третини допустимої похибки пристосування.

$$\Delta_{i3M} = 0,003 \text{ мм} \leq \frac{1}{3} IT = \frac{0,02}{3} = 0,006 \text{ мм.}$$

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

3.1 Автоматизація контролю і регулювання процесів газового азотування

Основними контрольованими і регульованими параметрами [7] газового азотування є:

- температура;
- тривалість;
- тиск;
- ступінь дисоціації аміаку;
- склад насичуваного середовища.

Методи контролю і регулювання процесів азотування ділять на прямі і непрямі.

Непрямим методом визначають ступінь дисоціації аміаку в відхідних з печі газах, з використанням ручного або автоматичного діссоціометра, а також за кількістю газу, який проходить через піч, по ротаметру.

Прямим методом контролю атмосфери визначають ступінь дисоціації безпосередньо в робочій зоні печі. Застосовують два методу прямого контролю для регулювання процесу азотування:

а) метод визначення азотного потенціалу здатності насиченого середовища за іонним складом атмосфери в муфелі печі (іонні діссоціометри);

б) метод прямого аналізу товщини і фазового складу дифузійного шару в процесі хіміко–термічної обробки (струмовихрові аналізатори).

В основу іонних діссоціометров покладена залежність електрофізичних параметрів газу в електричному полі малої напруженості від температури і складу насичувальної атмосфери, що дозволяє вимірювати ступінь дисоціації аміаку безпосередньо в робочій зоні печі.

Струмовихрові аналізатори дозволяють оцінювати товщину і фазовий склад дифузійного шару безпосередньо в період насичення.

За способом утворення атмосфери застосовують пристрої з дискретним і безперервним способами регулювання.

У пристроях з безперервним способом регулювання співвідношення компонентів атмосфери печі задають зміною прохідного перетину регулюючих дроселів при постійному перепаді тиску або зміною перепаду тиску на постійних дроселях.

Для регулювання процесу азотування застосовують пристрої, в яких необхідний склад атмосфери підтримується за допомогою каліброваних протарірованих дросельних шайб (редукторів).

У пристроях з дискретним способом регулювання кожен газовий компонент надходить окремими порціями, причому співвідношення газів в атмосфері задається або звичайним способом – тиском, або за певним законом управління з дискретною подачею.

При автоматизованій системі управління процесом азотування використовують установки з програмним управлінням технологічного циклу. Процес азотування з програмним управлінням реалізований в автоматичній системі управління технологічними процесами (АСУТП), яка дозволяє:

- а) реєструвати і обробляти інформацію про кінетику росту дифузійного шару безпосередньо в процесі насичення;
- б) контролювати азотний потенціал за допомогою іонізаційного датчика;
- в) вести процес за заздалегідь закладеною програмою.

Використання технічних засобів АСУ ТП дозволяє знизити трудомісткість процесу, скоротити час технологічного циклу і підвищити якість поверхневого шару азотованих деталей, на технологічних лініях ХТО (рис. 3.1)



Рисунок 3.1 – Технологічна лінія ХТО [8]

Вакуумні печі [9] – це печі, які призначені для проведення термообробки у вакуумі і/або в безокисній атмосфері.

Вакуумна піч це універсальний інструмент, в якому можна проводити практично будь-який вид термообробки: гартування, відпуск, цементация, нітроцементация, карбонітрування, відпал, вакуумна пайка, азотування, полум'яне нітрування, спікання кераміки, спікання порошків металів, дегазацію при литті тощо.

Основним елементом вакуумної печі є камера нагріву, яка представляє собою герметичний резервуар з приєднаною до нього системою вакуумних насосів, що створюють і підтримують вакуум на рівні від 10 мм. рт. ст до 10^{-6} мм. рт. ст. Вакуумні печі конструктивно можуть бути ретортні, де нагрівальні елементи і термоізоляція розташовані зовні камери і класичні камерні вакуумні печі, де нагрівальні елементи, термоізоляція, всі механізми і вузли розташовані всередині камери нагрівання з подвійними водоохолоджуваними стінками. У такій класичній компоновці вакуумної печі досягається глибокий вакуум і високі температури, до 2500 °С і вище.

Найбільш поширені такі типи вакуумних печей як камерні вакуумні печі. Наприклад, вакуумна піч “RH 1299 RV/g” з газовим нагрівом (рис. 3.2), країна–виробник Німеччина [10].

Характеристики:

- робоча температура 100–750 °С;
- розміри садки 1000 мм × 1300 мм × 800 мм;
- максимальна вага садки 1000 кг;
- робочі гази: азот, аміак, повітря.



Рисунок 3.2 – Вакуумна піч “RH 1299 RV/g” для азотування [10]

Переваги:

- можливість автоматичного проведення операції – азотування – з контролем азотного потенціалу;
- можливість азотування деталей, що мають захищені оловом від азотування поверхні;
- піч безпечна та повністю герметична.

Термічна піч для цементації сталі СШЦМ–8.26/10 (рис. 3.3) відноситься до шахтних печей із вертикальною загрузкою [11].

Завдяки конструктивним особливостям піч СШЦМ–8.26/10 може також виробляти процеси нітроцементації, азотування і карбонітрації. Піч обладнана датчиками вуглецевого і азотного потенціалу, системою автоматики і комп'ютерного управління процесами хіміко–термічної обробки фірми «МЕС ЕЛЕКТРОНІК» (Німеччина), що дозволяє отримувати якість за параметрами шару, мікроструктурі і механічними властивостями. Електропіч дозволяє отримати повністю керовані процеси ХТО і параметри насиченого шару. Забезпечуються висока енергоефективність, експлуатаційна надійність і низькі витрати на ремонт.



Рисунок 3.3 – Шахтна термічна піч СШЦМ–8.26/10 [11]

Піч обладнана системою автоматичного регулювання температури на базі твердотільних безконтактних реле і мікропроцесорних терморегуляторів з інтерфейсом і ПО для зв'язку з ПК для архівування інформації.

Тобто автоматизація процесу азотування, його контролю та регулювання, продовжується, елементи апаратури вдосконалюються, час ХТО скорочується завдяки науковим досягненням в хімічній галузі, безпосередньо процес стає безпечнішим і не потребує ручної праці.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ПРОГРАМИ NX SIMULATION ADVANTAGE

Деталь у процесі роботи нерухома, тому вона не сприймає моментів та радіальних сил, але вона може сприймати тиск на поверхні двох виступів, до яких кріпляться інші елементи двигуна, тому необхідно перевірити її на міцність. Для розрахунку необхідно розбити її на кінцеві елементи. Вкажемо розмір елементів до 7 мм і створимо з них вільну сітку (рис. 4.1).

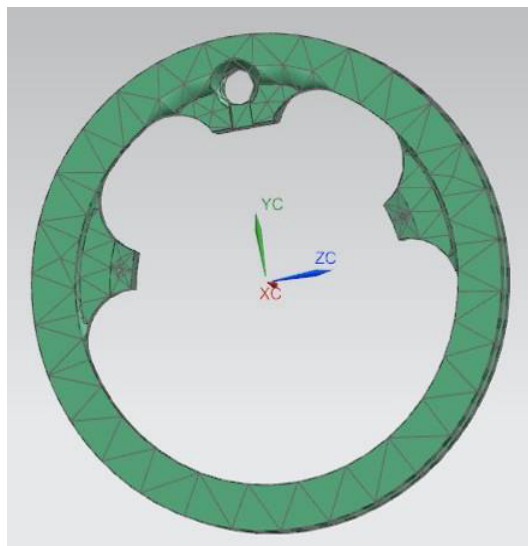


Рисунок 4.1 – Модель деталі, розбитої на кінцеві елементи

Кільце закріплюється за зовнішній діаметр, тому закріплення прикладаємо саме на цю поверхню (рис. 4.2).

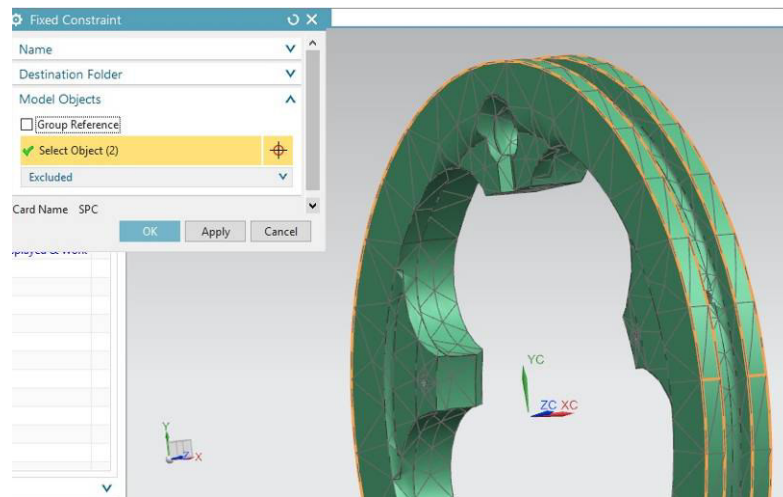


Рисунок 4.2 – Закріплення деталі

Прикладемо тиск на внутрішні поверхні (рис 4.3). Проведемо 3 розрахунки, в кожному наступному збільшуватимемо тиск (5, 50, 500 МПа).

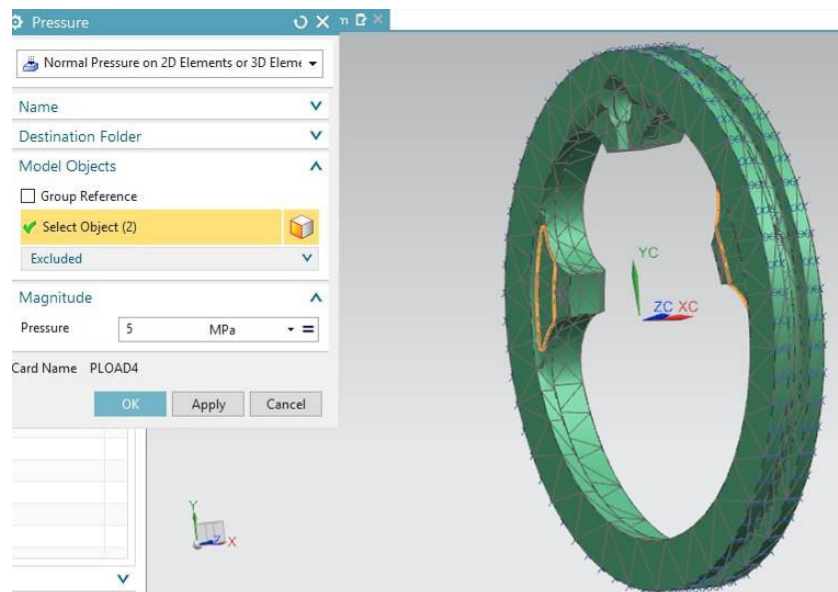


Рисунок 4.3 – Прикладення тиску на деталь

За допомогою візуалізації можна проаналізувати напружено–деформований стан деталі. Після розрахунку отримуємо модель яка показує, що відбувається з деталлю під дією вказаного тиску $\sigma_0 = 5$ МПа (рис. 4.4, 4.5), тобто можна оцінити деформацію її елементів та розподілення напружень в деталі.

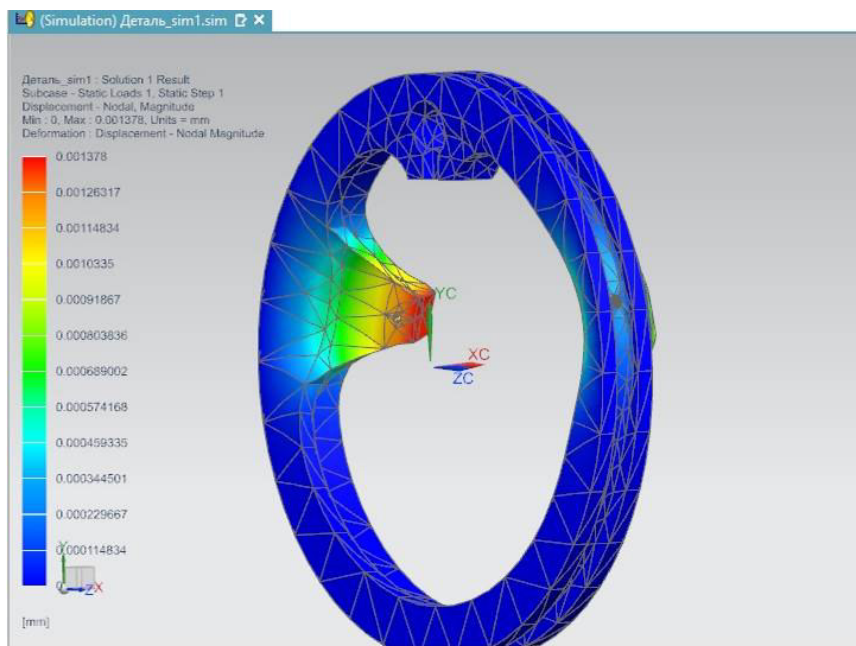


Рисунок 4.4 – Переміщення за вузлами (мм) для тиску $\sigma_0 = 5$ МПа

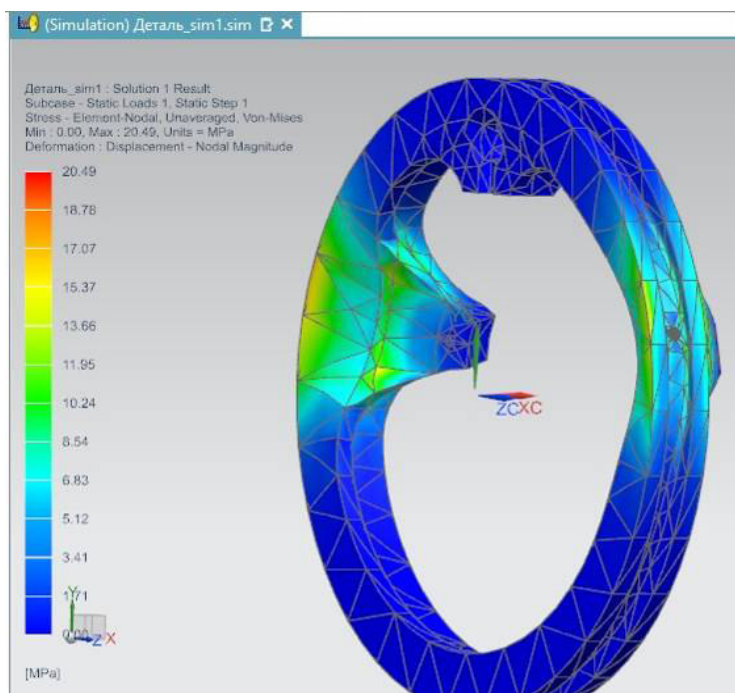


Рисунок 4.5 – Напруження за Мізесом (МПа) для тиску $\sigma_0 = 5$ МПа

Прикладаємо тиск $\sigma_0 = 50$ МПа і отримуємо наступні результати (рис. 4.6, 4.7).

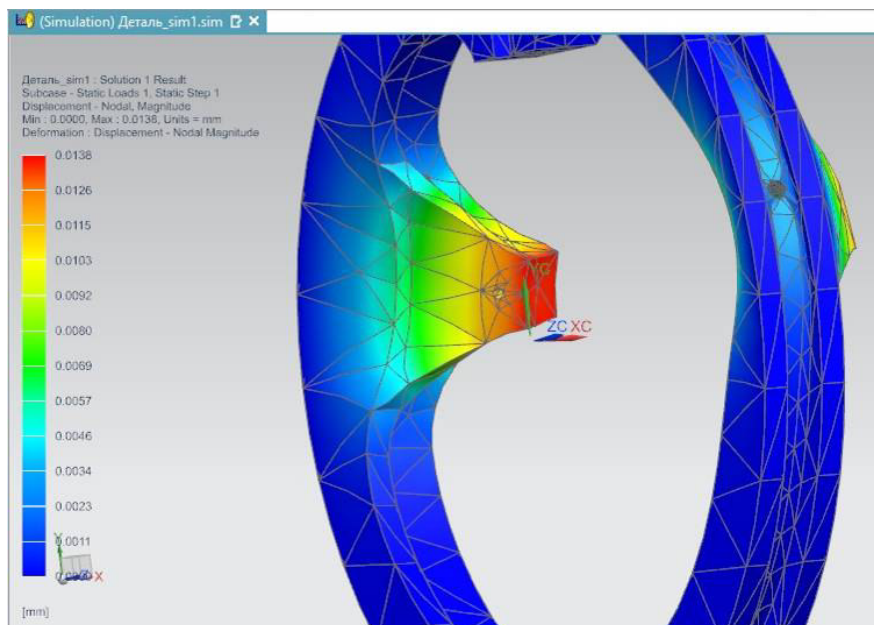


Рисунок 4.6 – Переміщення за вузлами (мм) для тиску $\sigma_0 = 50$ МПа

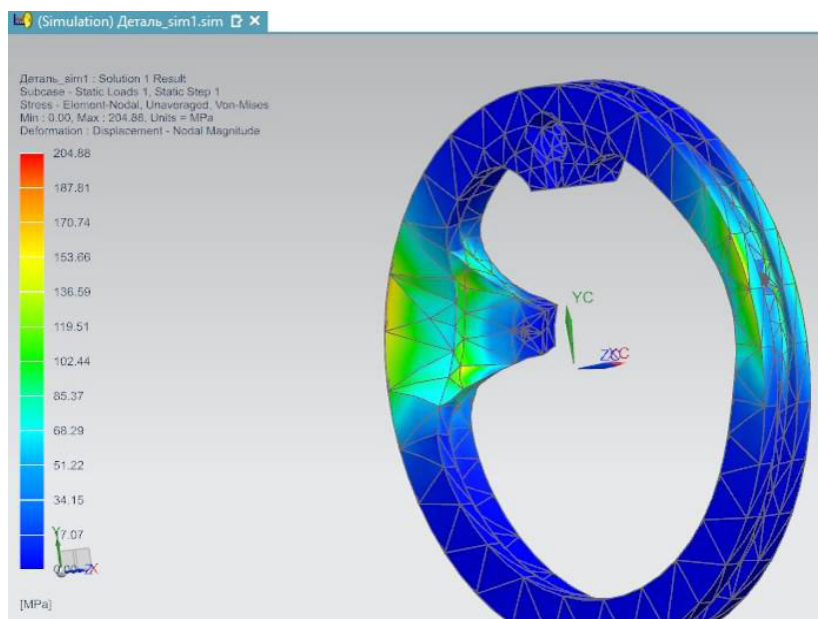


Рисунок 4.7 – Напруження за Мізесом (МПа) для тиску $\sigma_0 = 50$ МПа

Для аналізу залежностей в графічній формі необхідно три крапки, щоб отримати лінійний або ні вид графіків. Проводимо ще один дослід, прикладаємо тиск $\sigma_0 = 500$ МПа і отримуємо результати (рис. 4.8, 4.9). Отримані дані заносимо у таблицю 4.1.

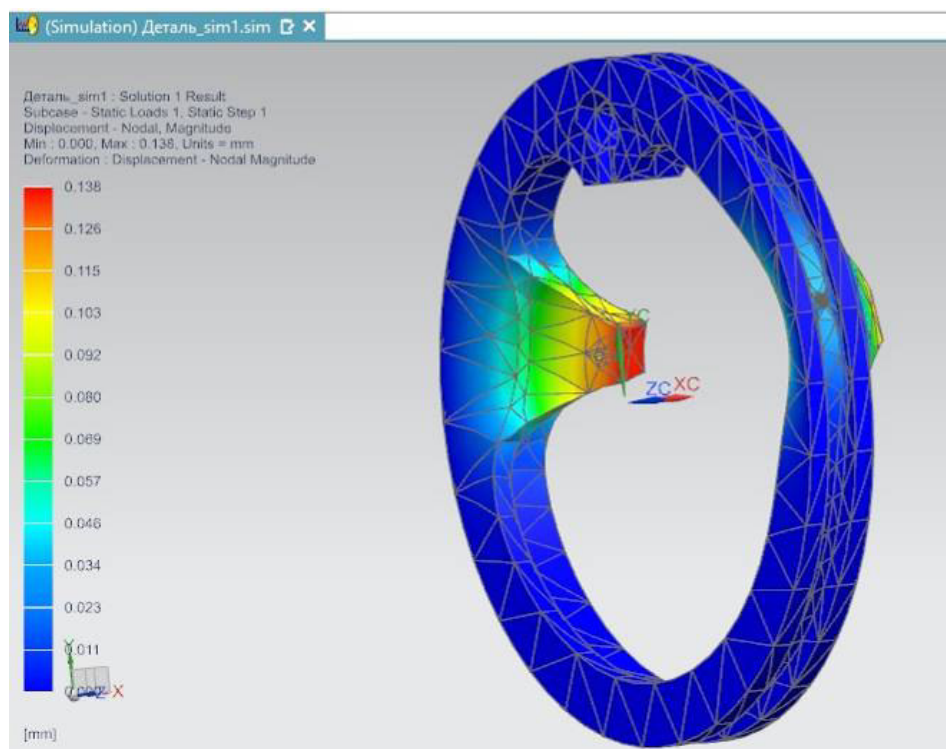


Рисунок 4.8 – Переміщення за вузлами (мм) для тиску $\sigma_0 = 500$ МПа

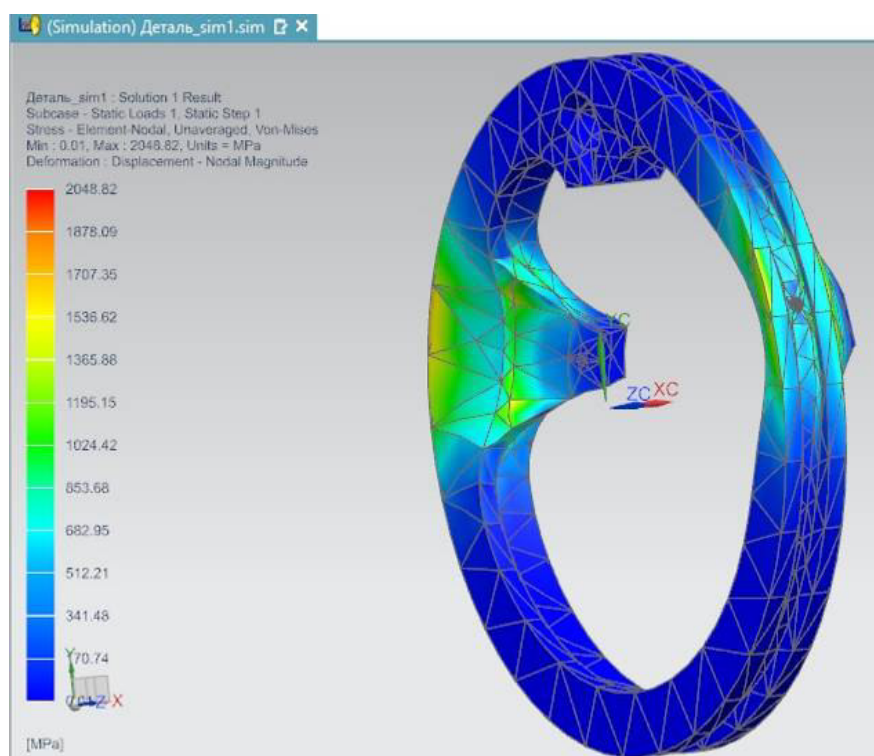


Рисунок 4.9 – Напруження за Мізесом (МПа) для тиску $\sigma_0 = 500$ МПа

Таблиця 4.1 – Результати розрахунків

σ_0 , МПа	σ_{\max} , МПа	ε , мм
5	20,5	0,0015
50	205	0,015
500	2050	0,15

На основі отриманих результатів будуємо графік залежності максимальних еквівалентних напружень від прикладеного навантаження (рис. 4.10).

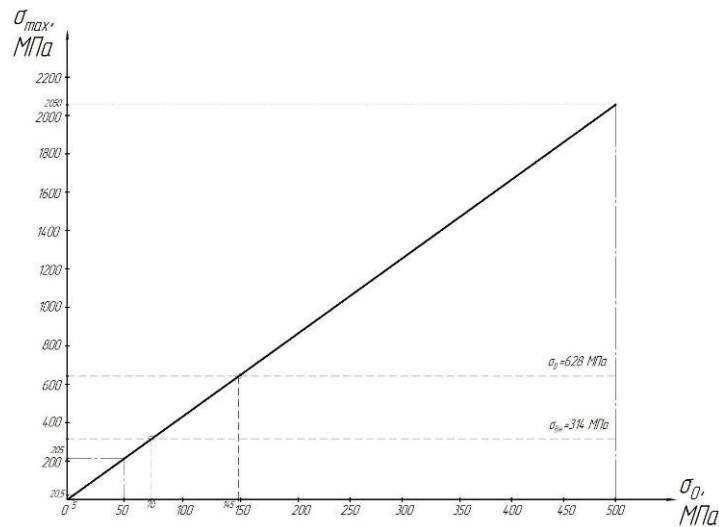


Рисунок 4.10 – Графік залежності максимальних напружень від прикладеного тиску

На графіку вказано значення $[\sigma_e] = 628$ МПа – границя витривалості матеріалу (див. п.1), воно є критичним значенням для максимальних напружень в небезпечному перерізі.

Для даної деталі запас надійності $n = \frac{[\sigma_e]}{\sigma_{\max}}$ має дорівнювати 2. Тому за графіком рисунку 4.10 номінальне значення максимальних напружень для $\sigma_i = 314$ МПа в небезпечному перерізі деталі досягає при навантаженні 70 МПа, а критичне (для даного матеріалу $\sigma_B = 628$ МПа) – при навантаженні 145 МПа. На основі проведених розрахунків будуємо графік залежності величини переміщення тонкостінних елементів деталі від вихідного навантаження (рис. 4.11).

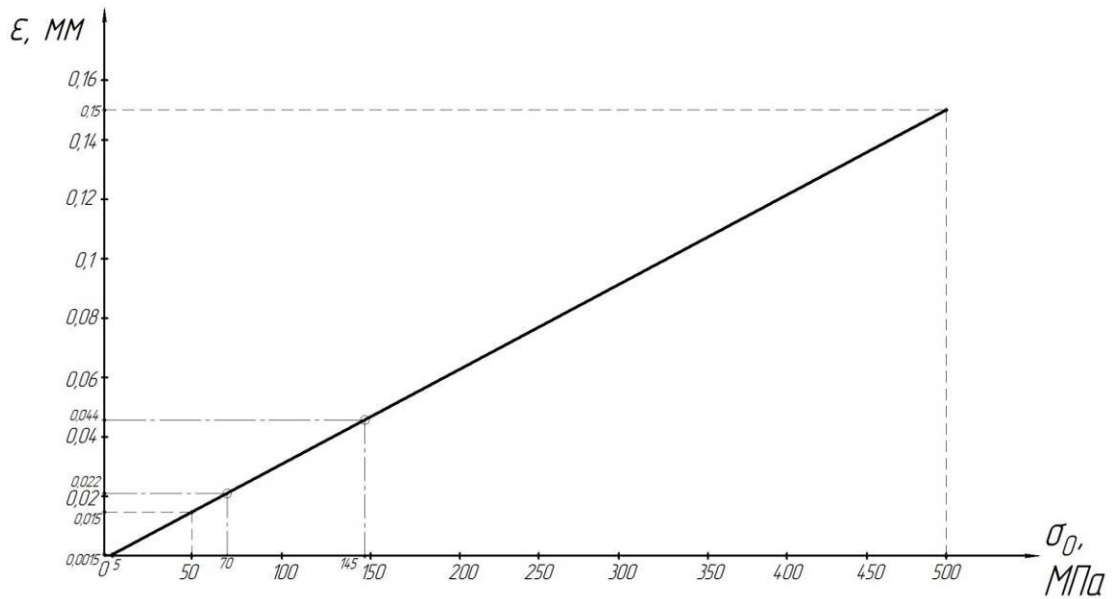


Рисунок 4.11 – Графік залежності переміщення від навантаження деталі

За допомогою графіку (рис. 4.11) визначаємо величини номінального переміщення елементів деталі і критичного переміщення, відповідно, при навантаженні 70 МПа переміщення складає $\epsilon = 0,022$ мм, а при 145 МПа воно є критичним і призведе до руйнування $\epsilon = 0,022$ мм = 44 мкм.

5 СПЕЦЗАВДАННЯ

5.1 Азотування сталей

5.1.1 Суть процесу азотування, види азотування

Азотуванням називається процес насичення поверхневого шару деталі азотом. Іноді цей процес називають азотацією або нітрування (від грецького слова «нітро», що в перекладі означає азотовмісний) [12].

Існує наступна класифікація процесів азотування (рис. 5.1).

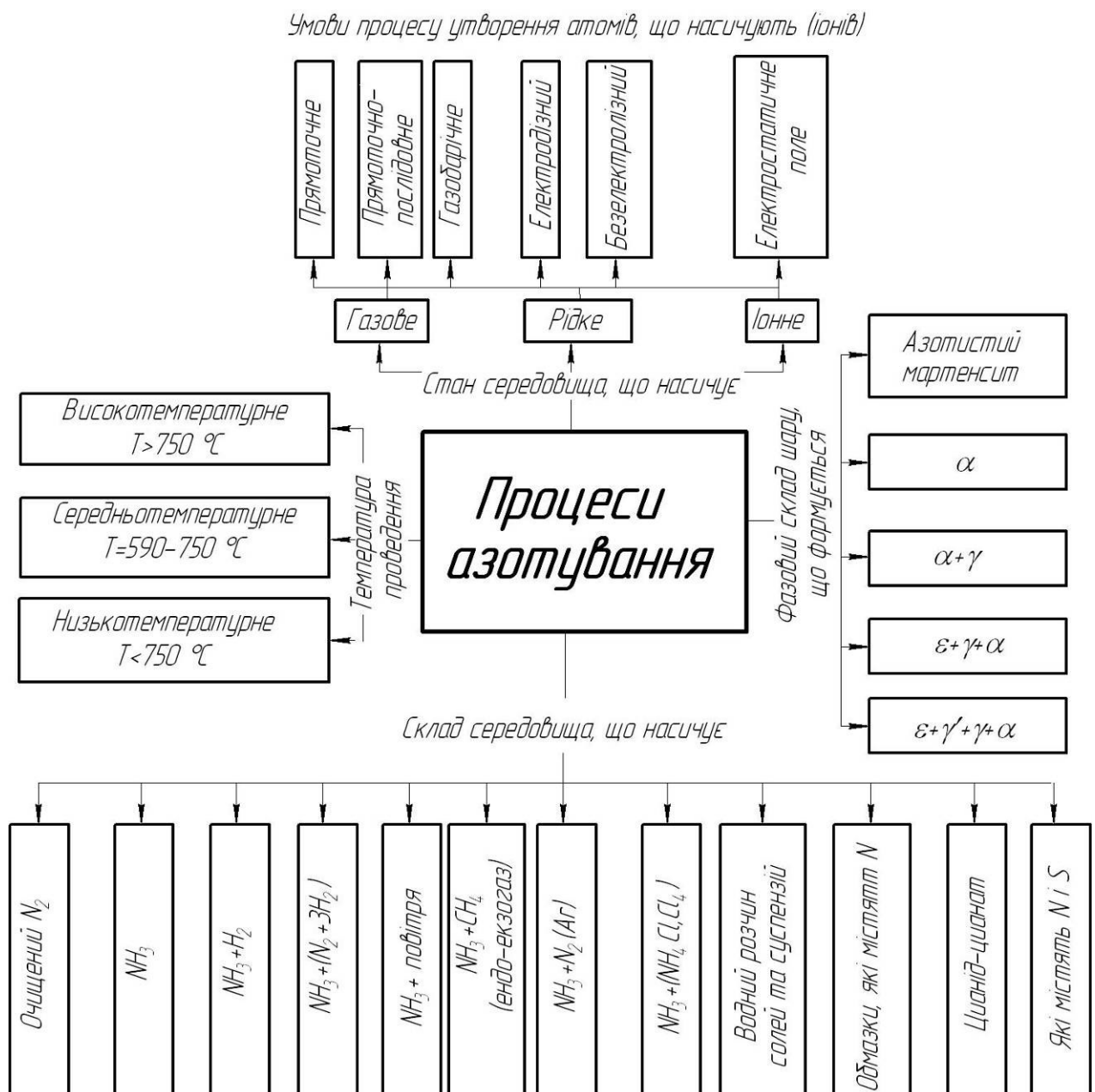


Рисунок 5.1 Класифікація процесів азотування [12]

Азотування надає поверхні деталі особливо високу твердість і зносостійкість, які зберігаються при нагріванні до 500 – 600 °С. Це важлива перевага азотованих деталей перед цементованими, які можуть зберігати високу твердість лише до 200 – 250 °С. Крім того, азотування підвищує стійкість стали проти корозії в атмосфері вологого повітря і пара.

При азотуванні, як і при поверхневому загартуванні, завдяки збільшенню питомого обсягу сталі в поверхневому шарі виникають великі внутрішні напруження. Вони сприяють зниженню напружень, що розтягують від зовнішнього навантаження при роботі деталі. В результаті витривалість деталі тобто здатність витримувати велике число повторних навантажень, підвищується.

Висока твердість азотованого шару пояснюється тим, що азот, проникаючи в поверхню металу, утворює хімічні сполуки з елементами, що входять до складу сталі: алюмінієм, хромом, молібденом тощо. Такі сполуки називають нітридами. Вони мають високу твердість, а головне – виділяються у вигляді дуже дрібнодисперсних частинок. Як завжди в таких випадках, атомна решітка навколо місць їх виділень спотворюється, і в результаті виникають численні перешкоди для переміщення дислокацій [12–17].

Для азотування використовуються як вуглецеві сталі, так і леговані з концентрацією вуглецю 0,3...0,5 %. Найбільшого поширення набули сталі, леговані такими елементами, як хром, алюміній, молібден. Ці сталі називаються нітраллоями. При азотуванні таких сталей в їх поверхневому шарі утворюються нітриди хрому, молібдену і алюмінію, які, виділяючись в дисперсному вигляді, перешкоджають руху дислокацій, що, в свою чергу, сприяє підвищенню твердості і зносостійкості. Крім того, молібден сприяє усуненню явища відпускнуї крихкості, що виникає в результаті повільного охолодження після азотування [16].

Наприклад, якщо твердість азотованого шару у вуглецевих сталей становить HV 200–250, у легованих сталей – HV 600–800, то у нітраллоїв твердість може доходити до HV 1200 і вище (рис. 5.2).

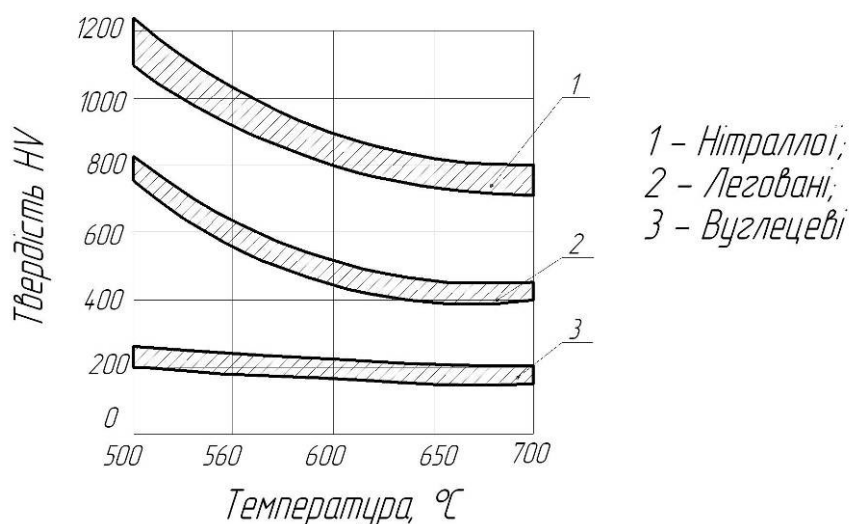


Рисунок 5.2 – Залежність твердості азотованого шару від температури азотування і типу сталі [16]

Слід мати на увазі, що легуючі елементи, підвищуючи твердість, одночасно зменшують товщину шару. Особливо сильно зменшують товщину азотованого шару вольфрам, нікель, хром, молібден. Вплив легуючих елементів на глибину азотованого шару показано на рис. 5.3. Азотування проводилося при 550°C протягом 24 год.

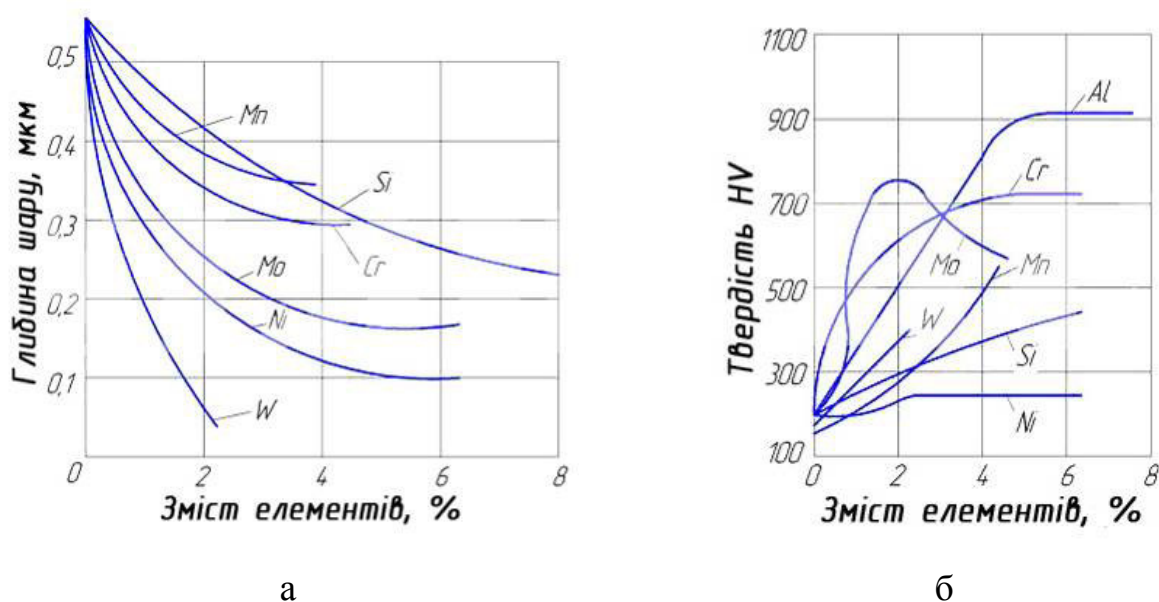


Рисунок 5.3 – Вплив легуючих елементів на загальну глибину азотованого шару (а) і його твердість (б) [16]

Для деталей з високою поверхневою твердістю рекомендують використовувати сталь 38Х2МЮА. Однак в процесі азотування цієї сталі, за рахунок присутності в ній алюмінію, проявляється її сильна схильність до деформування. Використання ж сталей, які містять алюміній, призводить до помітного зниження твердості і зносостійкості азотованого шару, але це дозволяє виготовляти вироби більш складної конфігурації.

Для азотування іноді призначаються і сталі, які містять в своєму складі хром, молібден, вольфрам, ванадій.

Розглянемо основні види азотування.

1. Газове азотування.

Це насичення поверхні металу, яке проводиться при температурах від 400 (для деяких сталей) до 1200 (аустенітні сталі і тугоплавкі метали) градусів Цельсія. Основним середовищем є дисоційований аміак. [16] Для управління структурою і механічними властивостями шару при газовому азотуванні сталей застосовують [16]:

- дво-, тріступінчасті температурні режими насичення;
- розведення дисоційованого аміаку: повітрям або воднем;

Контрольними параметрами процесу є:

- ступінь дисоціації аміаку;
- витрата аміаку;
- температура;
- витрати додаткових технологічних газів (якщо застосовуються).

2. Каталітичне газове азотування.

Цей метод є останньою модифікацією технології газового азотування. Середовищем для насичення є аміак, дисоційований при температурі 400–600 °С на каталізаторі в робочому просторі печі [16].

3. Іонно–плазмове азотування

Технологія насичення металевих виробів в азотовмісному вакуумі (приблизно 0,01 атм). При цьому створюється тліючий електричний розряд. Анодом служать стінки камери нагріву, а катодом – оброблювані деталі. Для

управління структурою шару і його механічними властивостями застосовують (в різні стадії процесу):

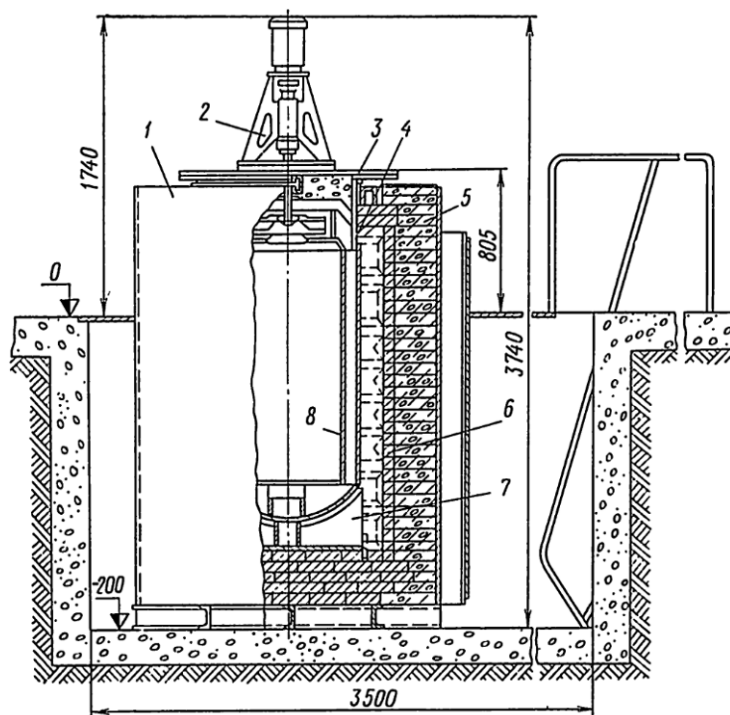
- зміну щільності струму;
- зміну витрати азоту;
- зміну ступеня розрядження;
- добавки до азоту особливо чистих технологічних газів:
 - водню;
 - аргону;
 - метану;
 - кисню.

4. Азотування з розчинів електролітів.

Метод, при використанні якого анодний ефект для дифузійного насичення оброблюваної поверхні азотом в багатокомпонентних розчинах електролітів – один з видів швидкісної електрохіміко–термічної обробки (анодний електролітний нагрів) малогабаритних виробів. [16] Анод – деталь при накладенні постійної напруги в діапазоні від 150 до 300 В розігрівається до температур 450–1050 °С. Досягнення таких температур забезпечує суцільна і стійка парогазова оболонка, яка відокремлює анод від електроліту. Для забезпечення азотування в електроліт, крім електропровідного компонента, вводять речовини–донори, зазвичай нітрати [16].

5.1.2 Устаткування для азотування

Для проведення газового азотування в промисловості використовуються переважно шахтні, ретортні і камерні печі, оснащені вбудованими каталізаторами і кисневими зондами для визначення насичуваності атмосфери. Для підготовки аміаку перед подачею в піч використовується дисоціатор (рис. 5.4) [16].



1 – каркас, 2 – вентилятор, 3 – кришки, 4 – муфель, 5 – футеровка,
6 – нагрівач, 7 – хрестовина, 8 – екран

Рисунок 5.4 Шахтна муфельна піч США–8.12/6–ЛІ [17]

Для проведення процесів іонно–плазмового азотування застосовуються спеціалізовані установки, в яких відбувається нагрівання виробів за рахунок катодного бомбардування і, власне, насичення.

Для азотування в розчині електролітів застосовуються спеціальні установки для електрохіміко–термічної обробки.

5.1.3 Дефекти азотування і їх попередження

1. Деформація і зміна розмірів

За температурним режимом азотування схожа на тривалий високий відпуск. Якщо попередня термічна обробка до азотування була проведена недостатньо ретельно, а саме, при відпуску через недостатню витримку або низьку температуру не були усунені внутрішні напруження, то при азотуванні

відбувається додатковий відпуск. Внутрішні напруження при цьому знімаються, і, як наслідок, виникає викривлення [13].

Поряд з цим великі внутрішні напруження притаманні самій природі азотованого шару. Насичення сталі азотом призводить до збільшення її питомого обсягу, тому, як і при поверхневому загартуванні, в азотованому шарі виникають великі внутрішні стискаючі напруження. Такі напруження не завжди бувають врівноваженими, особливо в деталях несиметричної форми, і в результаті знову–таки виникає викривлення.

Прямим наслідком зростання питомого обсягу азотованого шару є збільшення розмірів. Чим більше глибина азотованого шару, тим більше збільшення розмірів. Наприклад, при глибині шару 0,5 мм розміри деталі збільшуються на 0,02 – 0,04 мм на сторону. Орієнтовно можна прийняти, що розмір деталі збільшується в середньому на 4 – 6% від товщини азотованого шару. Щоб уникнути браку за розмірами, необхідно при попередній механічній обробці передбачити відповідне заниження розмірів.

2. Крихкість і лущення

Крихкість азотованого шару виникає при пересиченні його азотом. В результаті на поверхні деталі утворюється тонка корка, що складається з тендітних нітрідів. Крихкість такого роду частіше виникає при одноступеневому циклі азотування з великою тривалістю процесу. Тендітна скоринка може бути видалена шляхом шліфування. З цією метою досить зняти шар товщиною 0,01 – 0,05 мм. Поверхнева твердість при цьому не знижується.

Причиною крихкості може послужити також грубозернистість і знеуглецювання, викликане перегрівом або тривалою витримкою при попередній термічній обробці – загартуванні. Слід пам'ятати, що сталь типу 38ХМЮА має підвищену схильність до знеуглецювання. При азотуванні сталі з великим зерном азот переважно проникає по межах зерен, де полегшена його дифузія. В результаті цього на межі зерен утворюється тендітна нітрідна сітка [14–16].

Дефект у вигляді лущення азотованого шару спостерігається переважно при азотуванні високохромистих сталей. Грубозерниста структура сприяє

лущенню. Іноді дефект лушення проявляється у вигляді смуг вздовж напрямку прокатки, що пов'язано з неоднорідністю структури перед азотуванням.

3. Знижена твердість шару

Можливі три причини такого дефекту:

- завищена температура процесу, що призводить до укрупнення нітридів і, як наслідок, зниження твердості;
- грубозерниста структура, яка обумовлює знижену твердість внутрішньої частини зерен внаслідок дифузії азоту на межі зерен;
- знеуглецювання, що приводить до утворення феритної структури, в якій нітриди завжди формуються у вигляді великих часток, що не забезпечує високу твердість.

4. Плямиста твердість

Неоднорідна за величиною твердість в межах однієї деталі викликається двома причинами: нерівномірністю величини зерна в сталі і попаданням на поверхню, що азотується олова або рідкого скла.

5. Знижена товщина шару

Знижена температура процесу і недостатній час витримки – ось основні причини такого дефекту.

При азотуванні деталей з корозійно–стійких і жароміцних сталей важливе значення має також підготовка поверхні. Тонка окисна плівка, що з'являється на поверхні таких сталей, гальмує азотування. Якщо окисну плівку видаляють перед азотуванням шляхом шліфування або травлення, то за період до початку азотування знову може утворитися така плівка, і в результаті товщина шару буде знижена.

Брак при азотуванні за заниженою товщиною шару і твердості може виникнути також при встановленні нових муфелей і кошиків. В цьому випадку азот витрачається на азотування металевих частин. Щоб уникнути такого браку потрібно перший процес виробляти на холостому ході, тобто без завантаження деталей.

5.1.4 Послідовність технологічних операцій

Деталь «Кільце» піддається хіміко–термічній обробці – азотуванню. Згідно з технологічним процесом поверхню азотують на глибину 0,1...0,3 мм, потім деталь загартовують і відпускають. Твердість поверхні >83HRC, інші поверхні – 29...38,5 HRC.

Технологічна послідовність азотування наступна.

1. Попередня термічна обробка, що складається з загартовування та високого отпуску. Мета цієї операції – отримання підвищеної міцності і ударної в'язкості в серцевині деталі.
2. Механічна обробка у вигляді шліфування, для отримання остаточних розмірів деталі.
3. Захист окремих ділянок деталі, що не підлягають азотуванню, шляхом нанесення тонкого шару олова або обмазкою рідким склом.
4. Азотування.
5. Остаточне шліфування або доведення розмірів деталі.

5.1.5 Режими азотування

У разі, коли головною метою азотування є підвищення твердості і зносостійкості, а вироби переважно або тонкостінні, або складної конфігурації, процес проводять при температурі 500...520 °С. При цьому тривалість процесу буде залежати від необхідної товщини шару. Слід мати на увазі, що з підвищенням температури твердість азотованого шару буде знижуватися, а його глибина збільшуватися (рис. 5.4).

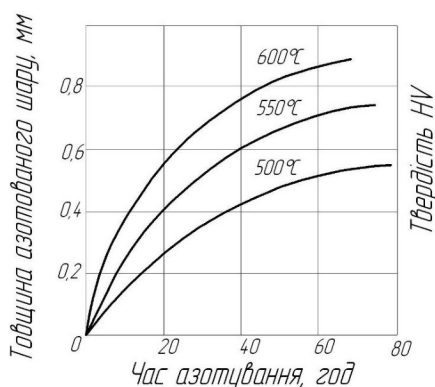


Рисунок 5.4 – Вплив температури і тривалості азотування на товщину шару [16]

Оскільки найчастіше в таких умовах потрібна глибина шару 0,3...0,6 мм, то при температурі 500...520 °С тривалість азотування становитиме 24...90 год.

В умовах масового виробництва, коли велике значення набуває продуктивність процесу, вдаються до двоступінчастого азотування. Спочатку процес ведуть при температурі 500...520 °С протягом 15...25 год, а потім при 540...600 °С протягом 25...30 год. До призначення другого ступеня слід ставитися з великою обережністю, тому що підвищення температури може призводити до викривлення і деформації деталі. Охолодження після азотування проводять разом з піччю, не припиняючи подачу аміаку.

У разі, коли головною метою азотування є підвищення межі витривалості, рекомендується вести процес при температурі не більше 500 °С. При більш високих температурах збільшення межі витривалості стає малопомітним, а починаючи з температури 550 °С і вище, цей показник помітно знижується.

Для підвищення корозійної стійкості азотування проводять при температурах 600...700 °С. Тривалість процесу насичення встановлюють залежно від габаритів деталей, що піддаються насиченню. Так, для дрібних деталей досить витримки протягом 15...30 хв, а для великогабаритних деталей потрібно витримка, яка доходить до 10 год.

Однак, недоліком азотування є велика тривалість цього процесу. Цикл азотування триває до двох діб. До того ж для азотування доводиться застосовувати дорогі леговані сталі, і тому азотовані деталі виходять в 2 – 3 рази дорожче, ніж звичайні.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ АБО ЗАХОДІВ

В дипломній роботі запропоновано замінити обладнання на свердлильний операції 045. Необхідно перевірити ефективність переведу цієї операції на верстат з ЧПК. Доцільно було б виконати її разом з наступною операцією 050 – фрезерною з ЧПК, встановивши в магазин верстата 6P13PФ3 додатково інструментальні блоки з свердлом $\varnothing 4$ мм та зенкером $\varnothing 4,8$ мм. Визначимо доцільність цих заходів. Початкові дані наведено у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Дані щодо верстатів двох варіантів

Модель верстата	Потужність верстата, кВт	Вартість верстата, грн	$t_{ум.к}$, хВ
Перший варіант			
Вертикально свердлильний 2Н125	2,2	17000	13,15
Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	7,5	54250	
Всього	9,7	71250	
Другий варіант			
Фрезерний з ЧПК 6P13PФ3	7,5	54250	11,21

Визначаємо такт випуску за формулою (6.1) [1]:

$$\tau = \frac{F_o \cdot 60}{N} \quad (6.1)$$

де F_o – дійсний річний фонд роботи обладнання: $F_a = 4015$ год. [1, с. 92];

N – програма випуску: $N = 1500$ шт.

$$\tau = \frac{4015 \cdot 60}{1500} = 160,6 \text{ хв.}$$

Розраховуємо кількість верстатів для операції з найбільшим значенням штучно–калькуляційного часу за формулою (6.2) [1]:

$$\eta_p = \frac{t_{шт.к.}}{\tau} \quad (6.2)$$

де $t_{шт.к.}$ – штучно–калькуляційний час: $t_{шт.к.} = 13,15$ хв.

$$\eta_p = \frac{13,15}{160,6} = 0,08.$$

Приймаємо η для обох випадків $\eta_1 = \eta_2 = 1$.

Розраховуємо заробітну плату робітників за хвилину за формулою (6.3):

$$З = З_T K_H n \quad (6.3)$$

де $З_T$ – табличне значення заробітної плати: $З_{T1} = З_{T2} = 8,5$ коп./хв – для 5–го розряду [1, с. 94, т. 2.18];

K_H – коефіцієнт перевиконання норми, приймаємо: $K_{H1} = K_{H2} = 1,02$;

n – кількість верстатів: $n_1 = 2$ шт, $n_2 = 1$ шт.

$$З_1 = 8,5 \cdot 1,02 \cdot 2 = 17,34 \text{ коп./хв.}$$

$$З_2 = 8,5 \cdot 1,02 \cdot 1 = 8,67 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на електроенергію за формулою (6.4) [1]:

$$E = \frac{\sum N k_1 k_2 C_e}{60}, \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстатів: $\sum N_1 = 9,7$ кВт, $\sum N_2 = 7,5$ кВт (табл.6.1);

k_1 – коефіцієнт за потужність: $k_1 = 0,7$ [20,с.94, т.2.19];

k_2 – коефіцієнт за часом роботи $k_2 = 0,5$ [20,с.94, т.2.19];

C_e – вартість 1 кВт електроенергії: $C_e = 90$ коп.

$$E_1 = \frac{9,7 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 90}{60} = 5,09 \text{ коп./хв.}$$

$$E_2 = \frac{7,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 90}{60} = 3,93 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на амортизацію обладнання за формулами (6.5) – (6.6) [1]:

$$A_r = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15 C}{100} \quad (6.5)$$

$$A = \frac{A_r \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.6)$$

де α_1 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_1 = 15$ [20,с.92];

C – вартість обладнання: $C_1 = 71250$ грн, $C_2 = 54250$ грн. (табл. 6.1).

$$A_{r1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 71250}{100} = 12290 \text{ грн./рік.}$$

$$A_1 = \frac{12290 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 5,1 \text{ коп./хв.}$$

$$A_{r2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 54250}{100} = 9358 \text{ грн./рік.}$$

$$A_2 = \frac{9358 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 3,88 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на обслуговування обладнання за формулами (6.7) – (6.8) [1]:

$$O_r = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15C}{100}, \quad (6.7)$$

$$O = \frac{O_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}. \quad (6.8)$$

де α_2 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_2 = 0,5$ [1, с. 92];

$$O_{r1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 71250}{100} = 409,68 \text{ грн./рік.}$$

$$O_1 = \frac{409,68 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,17 \text{ коп./хв.}$$

$$O_{r2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 54250}{100} = 311,93 \text{ грн./рік.}$$

$$O_2 = \frac{311,93 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 0,12 \text{ коп./хв.}$$

Визначаємо витрати на ремонт обладнання за формулами (6.9) – (6.10):

$$P_r = \frac{\alpha_3 \cdot 1,15C}{100}, \quad (6.9)$$

$$P = \frac{P_r \cdot 100}{F_d \cdot 60}, \quad (6.10)$$

де α_3 – процент відрахування від балансової вартості обладнання: $\alpha_3 = 4,5$ [1, с. 92];

$$P_{r1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 71250}{100} = 3687,2 \text{ грн./рік.}$$

$$P_1 = \frac{3687,2 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 1,53 \text{ коп./хв.}$$

$$P_{r2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 54250}{100} = 2807,2 \text{ грн./рік.}$$

$$P_2 = \frac{2807,4 \cdot 100}{4015 \cdot 60} = 1,16 \text{ коп./хв.}$$

Сумарні витрати на інструмент (свердло, зенкер, фреза) визначаємо за [1, с. 94, т. 2.20]: 0,71 грн./год, це 71 коп./год. Перераховуємо $I_1 = I_2 = 1,18$ коп/хв.

Витрати на пристосування визначаємо за [1, с. 95, т. 2.21]: $\Pi_1 = 0,0231$ коп/хв, $\Pi_2 = 0,0168$ коп/хв.

Розраховуємо технологічну собівартість за формулою (6.11):

$$C = (3 + E + A + O + P + I + \Pi)t_{\text{шт.к.}}, \quad (6.11)$$

$$C_1 = (17,34 + 5,09 + 5,1 + 0,17 + 1,53 + 1,18 + 0,0231)13,15 = 4 \text{ грн.}$$

$$C_2 = (8,67 + 3,93 + 3,88 + 0,12 + 1,16 + 1,18 + 0,0168)12,54 = 2,37 \text{ грн.}$$

Розраховуємо економічний ефект за формулою (6.12):

$$E\phi = (C_1\Pi + K_e C_1) - (C_2\Pi + K_e C_2), \quad (6.12)$$

де K_e – нормативний коефіцієнт ефективності: $K_e = 0,15$.

$$E\phi = (4 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 71250) - (2,37 \cdot 1500 + 0,15 \cdot 54250) = 4989,80 \text{ грн.}$$

Отже, можна сказати, що доцільно об'єднати операції, для виконання їх на одному верстаті, це дасть економічний ефект трохи менше 5000 грн, але звільниться місце з-під другого верстату, вивільниться виробнича площа та один верстатник.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Розглянемо потенційні небезпеки, що можуть виникнути в процесі технологічної обробки деталей. Відповідно до класифікації «Небезпечні та шкідливі виробничі фактори» фактори виробничого процесу, в залежності від впливу на організм людини поділяються на фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні. Розглянемо, які небезпеки є потенційно можливими в процесі виготовлення деталі.

7.1 Аналіз потенційних небезпек

1. Фізичні фактори:

- ураження електричним струмом, у наслідок несправності електроболаднання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку [18];

- механічні травми, що виникають внаслідок наявності в цеху рухомих машин і механізмів, рухомих частин виробничого обладнання, заготовок, матеріалів, а також конструкцій, що руйнуються [19];

- травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей;

- пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шороховатістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць;

- незадовільні параметри мікроклімату, у зв'язку з відсутністю приладів, що забезпечують необхідний повітрообмін та опалювальної системи, можуть викликати загальні захворювання;

- недостатнє освітлення виробничих приміщень і робочих місць, у зв'язку з несправністю освітлювальних приладів, що призводить до погіршення зору, роздратованості, збільшенню помилок під час роботи;

– підвищений рівень шуму(понад 80 ДБа), що супроводжує роботу значної кількості верстатів, призводить до нервово–емоційного напруження, в окремих випадках – до захворювань слухового апарату, погіршення слуху.

До психофізіологічних небезпек відносяться:

– нервово–психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру;

– виконання роботи стоячи, внаслідок постійного статичного навантаження, сприяє передчасному розвитку загального втомлення та зниженню працездатності.

– повтор однотипних рухів під час роботи на верстатах призводить до багаторазового скорочення м'язів та захворювання кистей рук і зап'ястя (запалення та набрякання), набрякання та оніміння пальців.

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

Небезпеки що пов'язанні з незадовільною професійною підготовкою фахівців, зокрема виникнення аварійних ситуацій при неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, виконанні хибних дій у приміщенні з обладнанням, що може призвести до руйнування обладнання та тяжких випадків травматизму.

Більш детально це питання розглянуто в додатку Б.

ВИСНОВОК

В роботі виконано розрахунок та обґрунтування методу отримання заготовки, виконані всі необхідні розрахунки.

Визначено тип виробництва, деталь розраховано на технологічність, визначені припуски на механічну обробку поверхонь деталі, а також режими різання і норми часу для виконання операцій.

В конструкторській частині спроектовано фрезерне пристосування, виконані розрахунки похибки встановлення, точності та міцності. Пристосування оснащено пневматичним затискачем, що дозволяє скоротити час на закріплення за відкріплення деталі.

За допомогою програми NX сформовано програму по обробці на верстатах з ЧПК.

В розділі автоматизації контролю газового азотування. Розглянуто обладнання, та елементи апаратури для автоматизації процесу.

С ході розрахунку деталі на міцність встановлено опарний перетин та рекомендовано рівень прикладання тиску на поверхні деталі.

В спеціальній частині розглянуто процес азотування, який виконується в технологічному процесі обробки деталі. Розглянуто обладнання та дефекти, а також методи їх попередження.

Виконано розрахунок деталі на міцність за допомогою програми NX. Результатом є рекомендації щодо напружень в пазах диска.

В якості спецзавдання розгляну питання підвищення експлуатаційних характеристик дисків методами поверхнево–пластичного деформування. Розглянуто основні методи та визначено найбільш доцільні з точки зору матеріалу та умов експлуатації.

В економічній частині розглянуто доцільність використання сучасних верстатів. Визначено економічний ефект та собівартість продукції.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування»(8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.090260) усіх форм навчання / уклад. В. К. Яценко, В. І. Ципак, Є. Я. Кореневський та інш. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. – 245 с.
2. Справочник технолога–машиностроителя: 1 т. / под ред. А. М. Донского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001.
3. Справочник технолога–машиностроителя: 2 т. / под ред. А. М. Донского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. – М.: Машиностроение, 2001.
4. Справочник нормировщика машиностроителя. Т.2. / Под ред. Е. И. Стружестраха. – М.: Машиностроение, 1961. – 892 с.
5. Богуслаев В. А Станочные приспособления / В. А. Богуслаев, В. А. Леховицер, А. С. Смирнов. – Запорожье: ОАО «Мотор–Сич», 2004. – 461 с.
6. Методичні рекомендації до самостійної роботи з вивчення дисципліни «Контрольно вимірювальні прилади» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою «Технології машинобудування» галузі знань «Механічна інженерія» всіх форм навчання / уклад. С. І. Дядя, В. М. Томілін – Запоріжжя : ЗНТУ, 2018. – 17 с.
7. Стандарт РД 50–186–80. Методические указания. Надежность в технике. Методы выбора, регулирования и контроля сред для газового и жидкостного азотирования М. : ИПК Изд–во стандартов, 1980. – 19 с.
8. Материалы информационного сайта [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://docplayer.ru/40939039–Nimiko–termicheskaya–obrabotka–detaley.html>.
9. Материалы информационного сайта [Електронний ресурс]. – Режим доступу : https://www.intech–group.ru/directions/industrial/vakuumnye_peci/.

10. Материалы информационного сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://docplayer.ru/26382656-Vnedrenie-sovremennogo-oborudovaniya-i-tehnologiy-himiko-termicheskoy-obrabotki-detaley-v-oao-reduktor-pm.html>.

11. Материалы информационного сайта [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://bortek.ua/promyshlennye-ehlektropechi/pechi-tsementatsii-stali/gas-carburizing-case-hardening-furnace>.

12. Лахтин Ю. М., Коган Я. Д. Азотирование стали. Машиностроение, 1976 г.

13. Лахтин Ю. М. Диффузионные основы процесса азотирования / Ю. М. Лахтин // МиТОМ. 1995. № 7. С. 14–17.

14. Захаров Б. В. Прогрессивные технологические процессы и оборудование при термической обработке металлов / Б. В. Захаров, В. Н. Берсенева. М. «Высшая школа», 1988. – 285 с.

15. Герасимов С. А. Структура и износостойкость азотированных конструкционных сталей и сплавов / С. А. Герасимов, Л. И. Куксенова, В. Г. Лаптева. – 2-е изд., испр. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 518, [2] с. : ил.

16. Борисенок Г. В. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник. / Г. В. Борисенок, Л. А. Васильев, Л. Г. Ворошнин М.: Металлургия, 1981. – 255 с.

17. Лахтин Ю. М. Химико-термическая обработка металлов / Ю. М. Лахтин, Б. Н. Арзамасов – М.: Металлургия, 1985. – 424 с.

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

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

Додаток А

Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	Листов		
							Лит.	Лист	
Справ. №									
Листов									
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инв. № подл.									
НУЗП 292762.005									
Пристосування для фрезерування паза									
Копіював									
Формат А4									

		Формат	Зона	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	
Листов. листы									
						<u>Документация</u>			
						<u>Сборочный чертеж</u>	1		
						<u>Детали</u>			
			1			<u>Корпус</u>	1		
			2			<u>Плита</u>	1		
			3			<u>Ролик</u>	2		
Справ. №		4			<u>Винт</u>	2			
		5			<u>Кронштейн</u>	1			
		6			<u>Винт</u>	1			
		7			<u>Втулка</u>	1			
						<u>Стандартные изделия</u>			
		8				<u>Болт М6х20 ГОСТ 1491-80</u>	2		
		9				<u>Болт М8х20 ГОСТ 1491-80</u>	3		
Подп. и дата		10				<u>Индикатор ИЧ-10 кл 0</u>			
						<u>ГОСТ 577-68</u>			
Взам. инв. №		11				<u>Шайба 8 ГОСТ 11380-71</u>	2		
Подп. и дата									
Инв. № подл.					НУЗП 402153.005				
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				
	Разраб.	Крестянчик							
	Проб.	Козлова							
	Исконтр.	Вишнепольский							
	Утв.	Дядя							
						Пристосування для контроля паралельності	Лит.	Лист	Листов
									1
							НУЗП Мз-119м		
						Формат А4			

Копировад

ДОДАТОК Б

Заходи по забезпеченню безпеки

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи за обладнанням передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00–4.12–05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». [Б1] Під час прийому на роботу представник служби охорони праці проводить вступний інструктаж з усіма особами, що прибули на підприємство. На робочому місці безпосередній керівник проводить спочатку первинний, а потім і повторний, позаплановий інструктажі. 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.

Для запобігання аварій, виробничого травматизму та інших небезпечних явищ конструкція обладнання на механічній дільниці відповідає вимогам національних стандартів та технічному регламенту безпеки. Обладнання не створювали небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. З метою уникнення ризиків травмування робітників під час обробки деталей рухомі частини виробничого обладнання огорожені та мають інші види засобів захисту відповідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож». Знімні, відкидні або розсувні огороження робочих органів, які запобігають небезпеці при роботі обладнання, а також двері, кришки, щитки, що відкриваються в огороженнях або в корпусі обладнання, мають пристрої, що унеможливають їх випадкове знімання або відкриття та мають блокування, що забезпечує

припинення робочого процесу (ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору») [Б2, Б3].

Передбачена звукова сигналізація, яка попереджає про пуск обладнання, засоби зупинки, про порушення нормального режиму роботи, автоматичного відключення від джерела енергії при небезпечних несправностях. Елементи конструкції виробничого обладнання не мають гострих кутів, країв і поверхонь з нерівностями, що становлять небезпеку. Робочі місця безпечні зручні ті відповідають вимогам ДСТУ EN 894–3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування», НПАОП 0.00–1.71–13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» [Б4, Б5].

З метою уникнення ризиків отримання механічних травм різного ступеню важкості передбачено застосування кольорів та сигналів безпеки, що використовуються на робочих місцях, у відповідності вимогам Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Червоний колір застосовують для позначення безпосередньої небезпеки, заборони. Ним фарбують заборонні знаки безпеки, вимикальні пристрої машин і механізмів, сигнальні лампи, пожежну техніку, пожежні щити, обладнання та інвентар, кнопку «Стоп» та важелі термінової зупинки обладнання (ДСТУ ISO 6309:2007 «Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір»). Заборонні знаки мають форму кола, по периметру якого є широка червона смуга, а біле поле з нанесеним чорною фарбою відповідним символом перекреслюється червоною смугою такої самої ширини. Жовтий колір означає попередження, імовірну небезпеку. Його застосовують для фарбування попереджувальних знаків безпеки, відкриті рухомі частини обладнання, постійне та тимчасове огороження, огороження драбин, балконів та інше. Синій колір застосовують для забов'язувальних і вказівних знаків безпеки. Зелений колір сигналізує про

нормальний режим роботи машин, позначаються евакуаційні виходи, надписи типу «Виходити тут».

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. [Б6]

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

Відповідно до вимог «Правил улаштування електроустановок» (далі «ПУЕ») для виключення можливого ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом, передбачене захисне заземлення. Електроживлення електрообладнання механічної дільниці здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц. Відповідно до вимог «ПУЕ», електрообладнання на механічній дільниці характеризується як електроустановки до 1000 В, тому згідно вимог глави 1.7 «ПУЕ», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом. [Б4, Б5]

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.

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нераціонального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю 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 дільниці – 4.5 метрів, ширина проходів становить 2–2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей. [Б7]

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. 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 затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран–балки на 10–20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

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.

Також обов'язковим є проходження медичного огляду один раз на два роки, а для окремих категорій робітників і один раз на рік, за рахунок роботодавця відповідно Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Таким чином, кожен працівник повинен дотримуватись правил техніки безпеки та особистої гігієни, виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, обов'язковим є дотримання інструкцій на робочому місці та утримання робочого місця в чистоті і порядку.

Трудове законодавство про робочий час та відпочинок працюючих, як один із заходів забезпечення безпеки

Тривалість робочого часу встановлюється законом і не може бути змінена угодою сторін при укладанні трудового договору. Виключення становлять випадки, коли працівники укладають трудовий договір на умовах неповного робочого дня чи неповного робочого тижня, або коли в процесі трудової діяльності вони укладають з власником про роботу в умовах неповного робочого дня чи неповного робочого тижня.

Тривалість робочого часу визначається з таким розрахунком, щоб праця давала можливість розвивати продуктивні сили та необхідний час для відпочинку з метою відновлення сил і енергії. Тому велике значення має правове регулювання робочого часу та часу відпочинку. За допомогою норм трудового права держава вимагає від працівників найбільш ефективно використовувати робочий час, забороняє їм ухилятися від своїх безпосередніх занять, не дозволяє надурочну роботу.

Робочий час – це встановлений законодавством відрізок календарного часу, протягом якого працівник відповідно до правил внутрішнього трудового розпорядку, графіку роботи або умов трудового договору повинен виконувати свої трудові обов'язки.

Конституція України в статті 45 передбачає, що працюючим гарантується встановлена законом тривалість робочого часу.

Тривалість робочого часу встановлюється як у централізованому порядку, так і на рівні локального регулювання. І якщо раніше встановлені на законодавчому рівні норми, що регулюють тривалість робочого часу, були імперативними, то в сучасних умовах спостерігається тенденція колективно–договірної й індивідуального (у рамках трудового договору) регулювання

тривалості робочого часу. Так, у відповідності зі ст. 50 Кодексу законів про Працю (далі КЗпП) України нормальна тривалість робочого часу працівників не може перевищувати 40 годин на тиждень. Така тривалість робочого часу називається нормальним робочим часом. Причому слід зазначити, що передбачені законодавцем гарантії у відношенні граничної тривалості робочого часу поширюються на працівників підприємств усіх форм власності.

У колективному договорі або інших локальних актах можуть бути закріплені як положення про 40-годинний робочий тиждень, так й інші, менші по тривалості норми робочого часу даного підприємства, установи, організації.

Норма робочого часу – це встановлена законом, колективним або трудовим договором для даного працівника тривалість його робочого часу за визначений календарний період – день, тиждень, місяць.

Робочий день – це тривалість робочого часу, вимірювана в годинах і хвилинах протягом доби. Робочий тиждень – тривалість робочого часу протягом календарного тижня. Зазвичай застосовуються два види робочого тижня: 5-денний з двома вихідними днями і 6-денного робочого тижня приймається власником разом із профспілковим органом з урахуванням специфіки роботи, думки трудового колективу і за погодженням з місцевою радою. 40-годинна гранична норма робочого часу повинна дотримуватися при 5 і 6-денному робочому тижні. При 6-денному робочому тижні тривалість робочого дня напередодні вихідного дня не може перевищувати 5-ти годин, а напередодні святкових і неробочих днів – скорочується на одну годину.

Поряд з нормальним робочим часом розрізняють такі види робочого часу, як скорочений і неповний робочий час.

Ненормований робочий день на підприємствах, в установах, організаціях, незалежно від форм власності, може застосовуватися для керівників, фахівців і робітників, а саме:

- для осіб, праця яких не піддається точному обліку в часі;
- осіб, робочий час яких за характером роботи поділяється на частини невизначеної тривалості (сільське господарство);

- для осіб, що розподіляють час роботи на свій розсуд.

На працівників з ненормованим робочим днем поширюється встановлений на підприємстві режим робочого часу. В зв'язку з цим власник або уповноважений ним орган не має права систематично залучати працівників, що працюють з таким режимом, до роботи понад встановлену тривалість робочого часу. Обов'язки працівників з ненормованим робочим днем повинні бути зафіксовані в трудовому договорі, посадових інструкціях, правилах внутрішнього трудового розпорядку таким чином, щоб була передбачена можливість виконувати ці обов'язки, як правило, у межах нормального робочого часу.

Як компенсація за виконаний обсяг робіт, ступінь напруженості, складність і самостійність у роботі, необхідність періодичного виконання службових обов'язків понад встановлену тривалість робочого часу надається додаткова відпустка до 7 календарних днів. На підприємствах, в установах, організаціях, незалежно від форм власності, список професій і посад, на яких може застосовуватися ненормований робочий день, визначається колективним договором. У ньому встановлюється і конкретна тривалість додаткової відпустки по кожному виду робіт, професій, посад, конкретизація відпустки також може встановлюватись в трудовому договорі. Ненормований робочий день варто відрізнити від надурочної роботи.

Законодавством встановлені наступні види часу відпочинку:

- перерви протягом робочого дня (зміни);
- щоденний відпочинок (перерви між змінами);
- вихідні дні (щотижневий відпочинок);
- святкові і неробочі дні;
- відпустки.

Відповідно до закону перерва для відпочинку і харчування надається тривалістю не більше двох годин. Така перерва повинна надаватися, як правило, через чотири години після початку роботи. Час початку і закінчення перерви встановлюється правилами внутрішнього розпорядку. На тих роботах, де через умови виробництва перерву встановити не можна, працівникові повинна бути

надана можливість приймання їжі протягом робочого часу. Перелік таких робіт, порядок і місце приймання їжі встановлюється власником або уповноваженим ним органом за погодженням з профспілковим комітетом. Перерви для відпочинку і харчування не включаються в робочий час і не оплачуються.

При роботі на відкритому повітрі в холодний час за рішенням роботодавця встановлюються перерви для обігріву. При цьому власник або уповноважений ним орган погоджує з профспілковим комітетом кількість і тривалість таких перерв, а також облаштування місць обігрівання. Перерви для обігрівання включаються в робочий час.

Законодавство передбачає, крім обідньої перерви, спеціальні перерви для відпочинку вантажників, що входять у робочий час. Тривалість і порядок надання таких перерв визначається правилами внутрішнього трудового розпорядку.

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

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», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці») [Б8].

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 ГН 2152–80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па – робота середньої важкості, тому передбачені наступні 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. [Б8]

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 кондиціонування». [Б9]

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%. [Б10]

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочій 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. [Б11]

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» та ДБН В.1.1–31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що 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». [Б12]

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.

Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки на механічній дільниці розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001–2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». [Б13]

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, що перебувають під напругою до 1000 В.) [Б14]

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

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 – П. [Б15].

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.

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 дільниця оснащена 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.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП–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 пожежонебезпечності у захищуваному 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 небезпеку в приміщеннях та на дільниці також

передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК–3) [Б16].

Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Надзвичайні ситуації техногенного характеру: аварії та катастрофи.

Зростання масштабів господарської діяльності і чисельності великих промислових комплексів, використання у виробництві потенційно небезпечних речовин у великих кількостях — усе це збільшує імовірність виникнення техногенних аварій. Найбільша кількість надзвичайних ситуацій, особливо із загибеллю людей в Україні, припадає на транспорт. Тільки в 1997 р. сталося 37,94 тис. дорожньо–транспортних аварій, у яких загинуло 6240 чоловік, травмовано 31,70 тис. чоловік. [Б17].

У даний час в Україні функціонують чотири АЕС (Південноукраїнська, Запорізька, Рівненська і Хмельницька). На території України розташовано 6000 різних установ і організацій, діяльність яких може призвести до утворення радіоактивних відходів.

Основними виробниками радіоактивних відходів і місцями їх концентрації є: АЕС (накопичено 70 000 м³ радіоактивних відходів); уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн. тонн радіоактивних відходів); українське державне об'єднання «Радон» (накопичено 5000 м³/р);

зона вітчуження Чорнобильської АЕС понад 1.1млрд м³ радіоактивних відходів.

На території України функціонує 1610 об'єктів господарювання, на яких зберігається чи використовується у виробничих процесах понад 283 тис. СДОР, у тому числі 9,8 тис. тонн хлору, 178,4 тис. тонн аміаку. З них — I ступеня хімічної небезпеки — 76 об'єктів; II — 60 і III — 1134 об'єкти.

Усього в зонах можливого хімічного зараження від цих об'єктів проживає понад 20 млн. чоловік (38,5 % населення країни).

320 адміністративно–територіальних одиниць (АТО) мають ступінь хімічної небезпеки, з них I ступеня — 154 АТО, II ступеня — 47 АТО, III ступеня — 108 АТО.

Довжина магістральних газопроводів на території України становить 3,9 тис. км. їх роботу забезпечують 31 компресорна станція перекачування нафти і 69 газових перекачувальних станцій.

Довжина продуктопроводів становить 3,3 тис. км, і весь перерахований вище технічний комплекс уже вичерпав свій ресурс, що робить цей комплекс об'єктом підвищеної небезпеки.

Досить критичне становище в країні склалося в комунальному господарстві. Четверта частина водопровідних очисних споруд і систем фактично відпрацювали свій термін експлуатації, 22 % систем перебувають в аварійному стані. Закінчився термін експлуатації кожної п'ятої насосної станції. Планово–попереджувальний ремонт виконується на 73 %. У системах каналізації відпрацювали термін експлуатації 26 % систем і 17 % насосних станцій.

Нині у водойми скидається без попереднього очищення близько 250 м³/доба стічних вод. Особливості географічного положення України, атмосферні процеси, наявність гірських масивів, близькість теплих морів обумовлюють різноманітні кліматичних умов.

У результаті взаємодії всіх цих факторів виникають небезпечні стихійні явища. В окремих випадках вони носять катастрофічний характер для навколишнього середовища і населення.

Сейсмоактивні зони оточують Україну на південному–заході і півдні. У сейсмологічному відношенні найбільш небезпечними областями в Україні є Закарпатська, Івано–Франківська, Чернівецька, Одеська та АРК.

На значній території України (Карпати, Крим) річки мають виражений паводковий режим стоків. Вони формуються в будь – який сезон року і часто мають катастрофічні наслідки, ведуть до масових руйнувань і до загибелі людей.

Характерними для України є також селеві процеси (в містах і районах Карпат і Криму), посухи, циклони, пилові бурі.

Нині в Україні, у зв'язку зі зростанням числа аварій і катастроф, стихійних лих, обстановка характеризується як дуже складна. Про це свідчать статистичні дані по Україні за останні роки. [Б16]

Висновки

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

Розглянувши та проаналізувавши потенційні небезпеки, що можуть виникнути на механічній дільниці в процесі обробки різноманітних деталей, найголовнішим є проведення навчання та інструктажів з охорони праці, додержання ергономічних та санітарно–гігієнічних вимог, пожежної безпеки та електробезпеки.

Безпека праці на виробництві може бути на належному рівні тільки тоді, коли всебічно виконуються вимоги трудового законодавства, державних стандартів України, норм і правил, розроблених для збереження здоров'я працюючих та їх соціального захисту

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАННЯ ДО ДОДАТКУ Б

Б1. 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. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

Б2. ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Б3. ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

Б4. ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування» 7. 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 .

Б5. ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

Б6. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

Б7. 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.

Б8. 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)

Б9. 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>.

Б10. 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.

Б11. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації, [Електронний ресурс] Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>

Б12. 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)

Б13. 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)

Б14. 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)

Б15. Демиденко Г. П. [и др.]. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время : учебное пособие. К. : Вища шк. Головное изд-во, 1984. 232 с.

Б16. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с.