

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

тема «Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі
«Цапфа задня» з використанням сучасних методів контролю»

Виконав: студент(ка) II курсу, групи МЗ-119М

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

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Федченко К.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Пухальська Г.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Явтушенко А.В.

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри С.І. Дядя
 « _____ » _____ 20__ року

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

Федченко Карини Валентинівни
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Цапфа задня» з використанням сучасних методів контролю

керівник проєкту (роботи) Пухальська Г.В., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

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

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) _____
 робоче креслення деталі, річна програма випуску N=5000 дет.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизовані транспортно-складські системи; 4 Розрахунок деталі на міцність; 5 Спеціальне завдання. Методи неруйнівного контролю; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконання завдання
1-6	доцент Пухальська Г.В.		
7	доцент Шмирко В.І.		
нормоконтроль	доцент Гончар Н.В.		

7. Дата видачі завдання « 01 » 09 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
	Технологічна частина	1.10-20.10.2020	
	Конструкторська частина	20.10-3.11.2020	
	Автоматизація збору стружки	10.11.2020	
	Розрахунок деталі на міцність	12.11.2020	
	Спецзавдання. Неруйнівні методи контролю	18.11.2020	
	Оцінка очікуваної економічної ефективності	20.11.2020	
	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	16.11.2020	
	Оформлення пояснювальної записки	20.11.2020	
	Нормоконтроль і рецензія	28.11.2020	
	Захист дипломного проєкту	11.12.2020	

Студент(ка)

(підпис) Федченко К.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

(підпис) Пухальська Г.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 141 с., 44 рис., 9 табл., 8 додатків, 17 джерел.

АВТОМАТИЗАЦІЯ, ДЕТАЛЬ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, НЕРУЙНІВНИЙ КОНТРОЛЬ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИПУСК, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, РОЗМІР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ЧИСЛОВЕ-ПРОГРАМНЕ КЕРУВАННЯ, ШТАМПОВКА.

Об'єкт дослідження – деталь «Цапфа задня» авіаційного двигуна АИ-222-25.

Мета роботи – удосконалення технологічного процесу виготовлення цапфи задньої за рахунок використання сучасного обладнання.

Метод дослідження – розрахунково-аналітичний; комп'ютерне моделювання експлуатаційного навантаження деталі; комп'ютерна симуляція процесів механічної обробки цапфи задньої.

У даній магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі «Цапфа задня». Для цього було обрано новітні обладнання та інструмент, розраховані припуски, режими різання та норми часу, було спроектовано робоче та контрольне пристосування, проведено економічний розрахунок та проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, проаналізовано методи неруйнівного контролю, запропоновані заходи щодо автоматизації та механізації процесу, розроблені заходи з охорони праці, які спрямовані на забезпечення комфортних та безпечних умов проведення робіт.

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП	8
1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	12
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	19
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	23
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	30
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	31
1.6 Розрахунок режимів різання	38
1.7 Технічне нормування операцій	56
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	63
1.8.1 Розробка токарної операції 010	64
1.8.2 Розробка свердлильної операції 055	65
1.8.3 Розробка фрезерної операції 065	66
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	67
2.1 Конструювання робочого пристосування	67
2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи	67
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	68
2.1.3 Розрахунок необхідного зусилля закріплення заготовки і вибір приводу	70
2.2 Проектування контрольного пристосування	71
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ	75
3.1 Характеристика автоматичних складів	75

3.2 Характеристика транспортних засобів АТСС	78
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ	86
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі	86
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конст- рукцій	89
4.3 Оптимізація геометрії деталі	90
5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ	91
5.1 Методи контролю деталей	91
5.2 Методи неруйнівного контролю	92
5.2.1 Оптичний метод	92
5.2.2 Капілярний метод	93
5.2.3 Магнітний метод	95
5.2.4 Магнітно-порошковий метод	95
5.2.5 Електромагнітний	97
5.2.6 Радіаційний метод	98
5.2.7 Ультразвуковий метод	100
6 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	103
ВИСНОВКИ	109
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	111
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	113
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування	114
Додаток В. Аналіз потенційних небезпек	116
Додаток Г. Заходи по забезпеченню техніки безпеки	119
Додаток Д. Забезпечення безпеки персоналу при проведенні ультразвукової дефектоскопії	124
Додаток Ж. Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці	129
Додаток К. Заходи з пожежної безпеки	133
Додаток Л. Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях	136

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

АТСС - автоматизована транспортно-складська система

ВПД - верстат-пристосування-інструмент-деталь

ГКМ - горизонтально-кувальна машина

ДСТУ - державний стандарт України

ЕОМ - електронно-обчислювальна машина

ЗОР - змащуючо-охолоджуюча рідина

КГШП - кривошипно-гарячештампувальний пресс

МВД - маршрут виготовлення деталі

МОП - маршрут обробки поверхонь

НПАОП - нормативно-правові акти з охорони праці

СНіП - система норм і правил

ТО - термічна обробка

ЧПК - числове програмне керування

ВСТУП

У прискоренні науково-технічного прогресу, переходу до нових економічних умов нашої держави виключно важлива роль належить машинобудуванню. Воно є базовою галуззю в технічному переозброєнні народного господарства на основі випуску прогресивного високопродуктивного обладнання і машин. Машинобудування справедливо називають ключовою галуззю економіки.

Перед машинобудуванням в нинішніх умовах стоять наступні завдання: підвищення якості та продуктивності виробництва. Ці завдання вирішуються шляхом створення нових технологій на основі новітніх наукових розробок. Для отримання якісної і недорогої продукції, її випуск повинен бути технологічним.

В значній мірі скорочується тривалість циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва при використанні новітніх засобів автоматизованої підготовки виробництва.

Якість створюваного виробу забезпечується на етапах підготовки та виробництва продукції і реалізується в процесі експлуатації. Важливою складовою забезпечення якісної продукції є контроль виробів.

Отже, в умовах ринкової економіки визначальне значення в положенні підприємства на ринку буде мати застосування найбільш продуктивних з найменшою собівартістю коштів праці, які забезпечують необхідну якість; застосування найбільш ефективних засобів і методів контролю якості продукції.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь, що досліджується – цапфа задня виконана зі сплаву ХН73МБТЮ – ВД (ЭИ698 - ВД) за ТУ 14-1-1466-75 (рис.1.1).

Жаростійкий на залізонікелевій основі холодно та гарячекатаний сплав ХН73МБТЮ – ВД (ЭИ698 - ВД) характеризується високим опором до пластичної деформації та руйнуванню при високій температурі та окислювальних середовищ [5].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад в % сплаву ХН73МБТЮ – ВД [18]

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	W	V
0,1 – 0,16	до 0,6	до 0,6	1,5 – 1,8	до 0,03	до 0,03	10,5 - 12	0,35 – 0,5	1,6 - 2	0,18 – 0,3

Таблиця 1.2 – Механічні характеристики сплаву ХН73МБТЮ- ВД [18]

Р, кг/м ³	μ	Е, ГПа	σ _в , МПа	σ _т , МПа	ε, %	Ψ, %	НВ
8,0 · 10 ³ (при t = 25°C)	0,27...0,3 (при t = 25°C)	203	1150	720 (при t = 25 °C)	17 (при t = 25 °C)	18	340

Зовні заднього вала ротора турбіни високого тиску зафіксована цапфа, яка служить для утримання від осьового переміщення і головним завданням якої є захист диска турбіни високого тиску від зносу в найбільш навантаженому місці для здешевлення і простоти ремонту.

Цапфа задня піддається впливу відцентрових і газодинамічних сил, високої температури, різних видів коливання, а також абразивного зносу.

Крім постійних напруг в цапфі виникають змінні напруги, величина і розподіл яких залежить від конструкції цапфи, характеру і інтенсивності збудження коливань, а також засобів деформування.

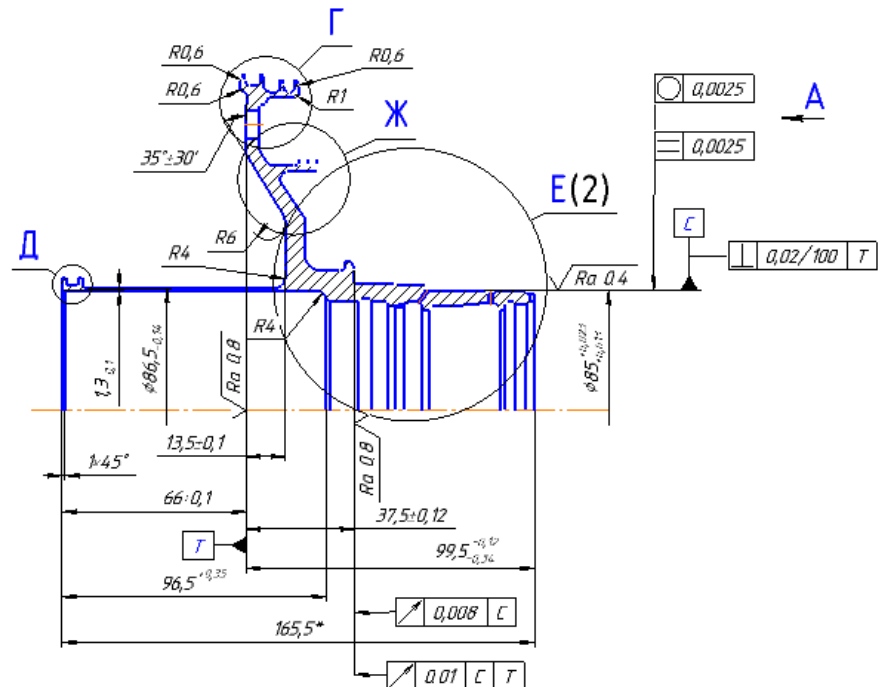


Рисунок 1.1 - Креслення деталі

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Організація виробництва на підприємстві охоплює такі види діяльності:

- визначення, обґрунтування і постійне вдосконалення структури підприємства;
- планування та забезпечення взаємозалежної роботи всіх виробничих процесів починаючи з розробки продукту і до його безпосереднього постачання споживачеві;
- планування та реалізація на практиці організації структурних одиниць виробничої інфраструктури;

- забезпечення оптимального поєднання всіх складових виробництва в часі;
- створення для безпосередніх учасників процесу таких умов праці, які б представляли собою максимально ефективне поєднання робочої сили і засобів праці;
- поєднання оптимальних організаційних форм і економічних методів ведення виробництва.

Завдання організації виробництва - це економія трудових ресурсів шляхом упорядкування відносин і зв'язків у виробничому процесі, збільшення творчого характеру роботи співробітників і забезпечення як колективної, так і особистої зацікавленості в результаті роботи. Це може бути як матеріальне, так і нематеріальне стимулювання співробітників. Також важливим завданням є забезпечення необхідних умов для реалізації всіх напрямків виробничої діяльності підприємства. Залежно від рівня концентрації та спеціалізації розрізняється три типи виробництва: одиничне, серійне та масове [1].

В залежності від маси деталей та програми випуску обираємо серійний тип виробництва [1, с. 5, таблиця 1.1].

Серійне виробництво — одночасне виготовлення серіями широкої номенклатури виробів, випуск яких повторюється протягом тривалого часу.

Обираємо паралельно-послідовну форму організації робіт.

Форма організації виробництва з паралельно-послідовною передачею предметів праці є проміжною між послідовної і паралельної формами і частково усуває властиві їм недоліки. Вироби з операції на операцію передаються транспортними партіями. При цьому забезпечується безперервність використання обладнання і робочої сили, можливо частково паралельне проходження партії деталей по операціях технологічного процесу [1].

Визначимо обсяг партії виробів, що випускаються [2]:

$$n = \frac{a \cdot N}{A}$$

де a - періодичність запуску деталей у виробництво, $a=12$;

N – річна програма випуску;

A - кількість робочих днів.

$$n = \frac{12 \cdot 5000}{250} = 240 \text{ шт}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Обраний метод отримання заготовки повинен відповідати таким вимогам:

- забезпечувати такі властивості заготовки, при яких деталь після обробки буде виконувати всі свої службові функції відповідно до технічних вимог;

- бути технічно реалізуємий;

- бути економічно доцільним в конкретній виробничій ситуації.

Для оцінки економічної доцільності при порівнянні методів використовуються два критерії:

- технологічна собівартість отримання заготовки;

- коефіцієнт використання матеріалу заготовки.

Для отримання заготовки в умовах серійного виробництва простої за формою деталі, порівняємо два методи – штампування на ГKM та штампування на КГШП.

Вихідні дані:

Маса деталі $m_d = 3,2$ кг;

Матеріал: сплав ХН73МБТЮ – ВД;

Габаритні розміри для конструювання заготовки: 165,5х236

Річна програма: 5000 шт.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки за формулою 1.2 [1]:

$$\eta = \frac{q}{Q} \quad (1.2)$$

де q – маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

Вартість 1 заготовки отриманої штамповкою [1]:

$$B = \frac{B_B}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{\Pi} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх}}{1000}$$

де B_B – базова вартість 1 т. заготовок, грн. [1, табл. 1.29, с. 20];

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності [1, табл. 1.24, с.18];

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності [1, табл. 1.25, с. 18,];

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси [1, табл. 1.26, с. 19];

K_M – коефіцієнт, що залежить від матеріалу [1, табл. 1.27, с. 19];

K_{Π} – коефіцієнт, що залежить від групи серійності [1, табл. 1.28, с. 19].

Річна економія на виготовлення заготовки [1]:

$$E_{\text{виг}} = (B_2 - B_1) \cdot N$$

де B_1, B_2 – вартість 1 заготовки, грн;

N – річна програма випуску.

Річна економія матеріалу [1]:

$$M = \frac{q \cdot (\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N$$

де q – маса деталі;

η_1, η_2 – коефіцієнти використання матеріалу для першого та другого способу отримання заготовки.

Щоб спростити конфігурацію заготовки необхідно призначити напуски на отвори $\varnothing 10$ мм, $\varnothing 1,6$ мм та $\varnothing 11$ мм ; всі пази, фаски, гребінці та вибірки.

Припуск на сторону обираємо за [1, с. 12, таблиця 1.3] та заносимо в таблицю 1.3 та 1.4.

Визначаємо масу деталі в програмі NX (рис.1.2).

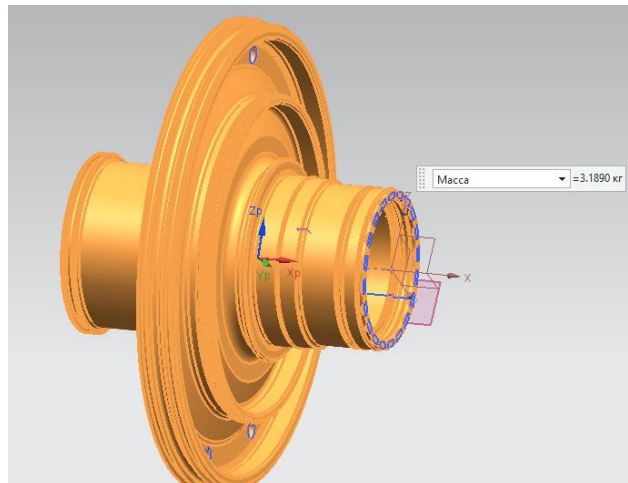


Рисунок 1.2 - 3D модель деталі

Визначаємо масу штамповки в програмі NX на ГKM (рис.1.3). Ескіз штамповки на ГKM на рис. 1.4.

Визначаємо масу штамповки в програмі NX на КГШП (рис.1.5). Ескіз штамповки на рис. 1.6.

Таблиця 1.3 – Припуск на розміри штампованої заготовки на ГKM та розміри поверхонь

Деталь	Припуск штампованої заготовки	Розміри штампованої заготовки
Ø105,5	3,0	Ø 111
Ø 236	3,1	Ø 242
Ø 93,5	3,0	Ø 99
Ø 70	3,0	Ø 64
Ø 168,5	3,1	Ø 175
19,2	2,8	25
26,7	2,8	32
101,7	3,0	108
64,8	3,0	65

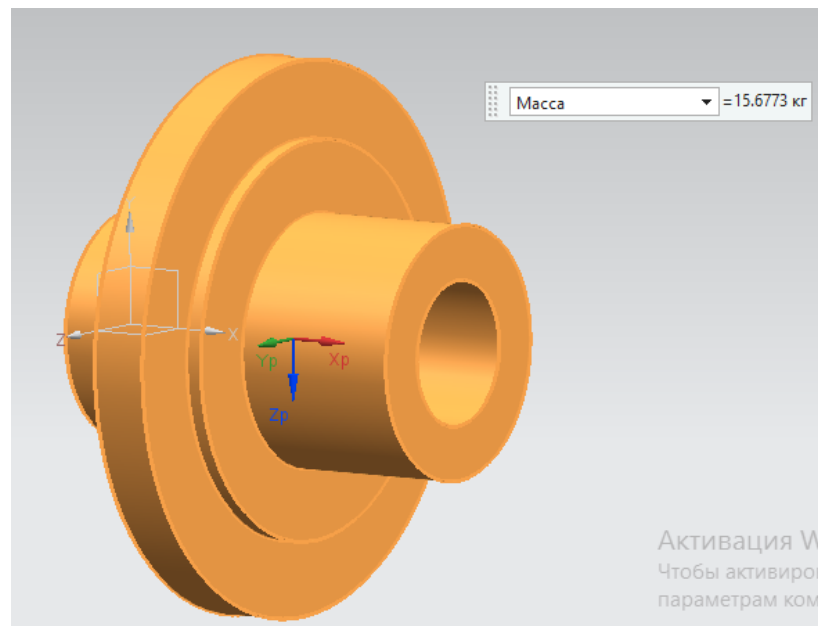


Рисунок 1.3 – 3D модель штампованої заготовки на ГKM

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу

$$\eta_{\text{ГKM}} = \frac{3,2}{15,7} = 0,2$$

Розрахунок собівартості заготовки

$$\begin{aligned}
 B_{\text{ГКМ}} &= \frac{13730}{1000} \cdot 15,7 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 - (15,7 - 3,2) \cdot \frac{2300}{1000} \\
 &= 219,8 \text{ грн}
 \end{aligned}$$

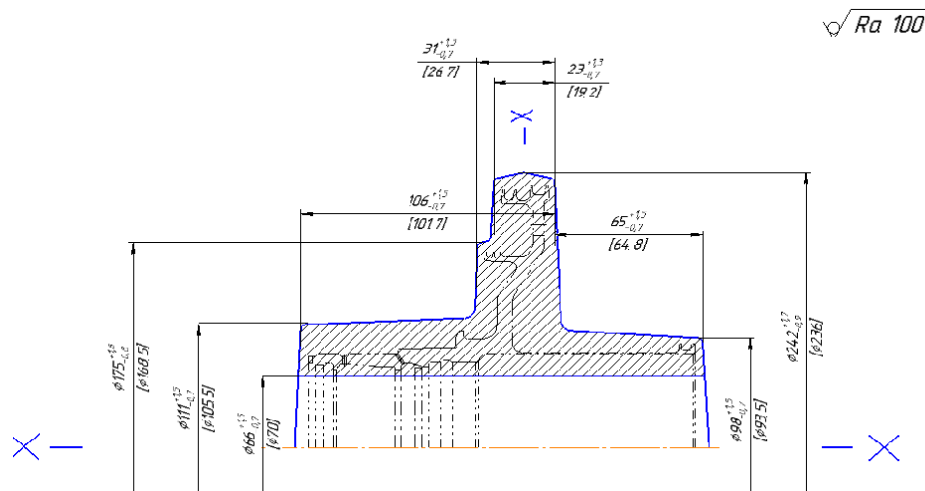


Рисунок 1.4 – Ескіз поковки на ГКМ

Таблиця 1.4 – Припуск на розміри штампованої заготовки на КГШП та розміри поверхонь

Деталь	Припуск штампованої заготовки	Розміри штампованої заготовки
Ø105,5	2,1	Ø 110
Ø 236	2,2	Ø 240
Ø 93,5	2,1	Ø 98
Ø 70	2,1	Ø 66
Ø 168,5	2,2	Ø 173
19,2	2,0	23
26,7	2,0	31
101,7	2,1	106
64,8	2,1	65

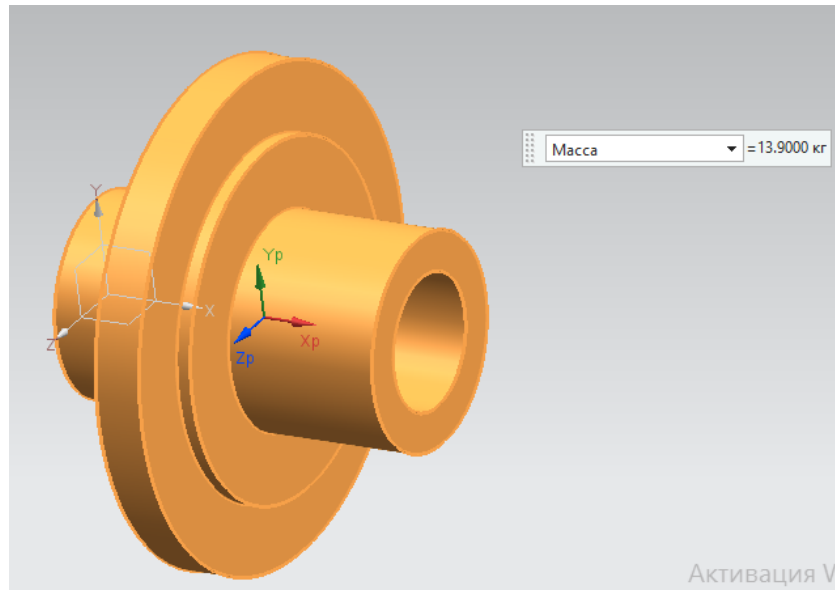


Рисунок 1.5 – 3D модель штампованої заготовки на КГШП

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{3,2}{13,9} = 0,23$$

Розрахунок собівартості заготовки

$$\begin{aligned} B_{\text{КГШП}} &= \frac{14000}{1000} \cdot 13,9 \cdot 0,9 \cdot 1,8 \cdot 0,89 \cdot 0,8 \cdot 1 - (13,9 - 3,2) \cdot \frac{2300}{1000} \\ &= 195,4 \text{ грн} \end{aligned}$$

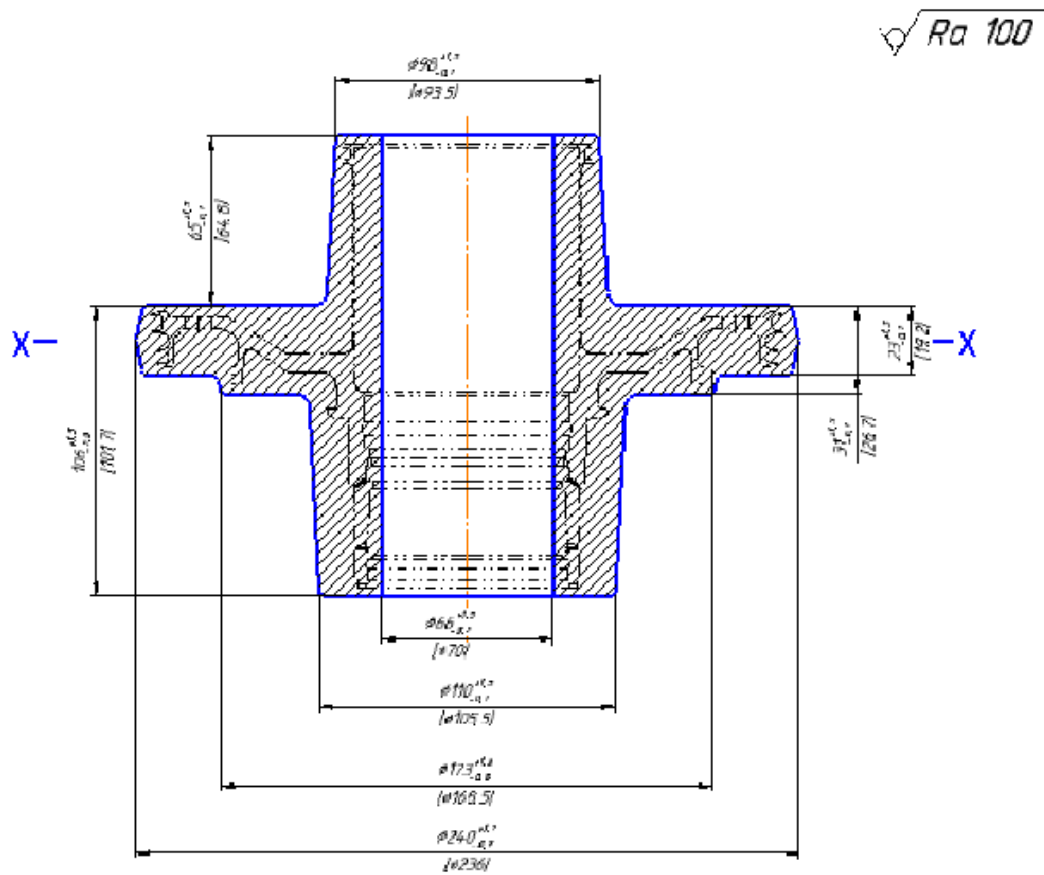


Рисунок 1.6 – Ескіз поковки на КГШП

Так як $V_{ГКМ} > V_{КГШП}$ та $\eta_{ГКМ} < \eta_{КГШП}$, дану деталь краще виготовляти за допомогою КГШП так як цей метод дешевше та продуктивніше.

Річна економія на виготовлення заготовки:

$$E_{\text{виг}} = (219,8 - 195,4) \cdot 5000 = 122000 \text{ грн}$$

Річна економія матеріалу:

$$M = \frac{3,2 \cdot (0,23 - 0,2)}{0,23 \cdot 0,2} \cdot 5000 = 10434,8 \text{ кг}$$

Таблиця 1.5 – Економічне порівняння

Показники	Позначення	Од. вимірювання	Варіанти	
			Штамповка На ГKM	Штамповка На KГШП
Маса деталі	$m_{\text{дет}}$	кг	3,2	
Маса заготовки	$m_{\text{заг}}$	кг	15,7	13,9
KBM	K_{BM}		0,2	0,23
Базова ціна заготовки	C_i	грн	13730	14000
Коефіцієнти	K_T		0,9	0,9
	K_M		1,8	1,8
	$K_c; K_z$		0,89	0,89
	K_B		0,8	0,8
	K_P		1	1
Ціна за 1т стружки	$S_{\text{від}}$	грн	2300	
Вартість однієї заготовки	$S_{\text{заг}}$	грн	219,8	195,4

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Відпрацювання виробу на технологічність є однією з найбільш складних функцій технологічної підготовки виробництва. Вона обумовлена тісним взаємозв'язком між конструкцією виробу і технологією його виробництва.

Кожна деталь повинна виготовлятися з мінімальними трудовими і матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити в значній мірі від правильного вибору варіанту технологічного процесу, його оснащення,

механізації і автоматизації, застосування оптимальних режимів обробки і правильної підготовки виробництва. На трудомісткість виготовлення деталі надають особливий вплив її конструкція і технічні вимоги.

Аналіз технологічності конструкції деталі проводиться за двома напрямками:

- якісний аналіз технологічності конструкції деталі;
- кількісний аналіз технологічності конструкції деталі.

Якісна оцінка технологічності конструкції деталі характеризує технологічність узагальнено на підставі досвіду виконавця і характеризується показниками «добре - погано», «допустимо - неприпустимо» і залежить від кваліфікації і досвіду виконавця.

Кількісна оцінка технологічності деталі оцінюється числовими показниками і не залежить від виконавця.

На якісному рівні деталей оцінюють за наступними критеріями: за видом деталі, класом складності конфігурації, жорсткістю конструкції, наявності точних поверхонь та можливість обробки універсальним інструментом та на універсальному обладнанні [1].

Габаритні розміри деталі і її використання дозволяють використовувати раціональний метод одержання заготівлі, такий як: штампування.

Забезпечення потрібної шорсткості можливо стандартним інструментом.

Обробка деталі проводиться поширеними методами обробки різанням. Немає необхідності використання вузькоспеціального обладнання, нестандартних, комбінованих інструментів, оригінальних пристосувань.

Задана на кресленні точність обробки не викликає особливих труднощів при обробці. Найбільш точні розміри легко обробляються на токарних та шліфувальних верстатах. Використання верстатів з ЧПК дозволяє обробляти декілька поверхонь деталі дуже точно та за одну установку [1].

В конструкції деталі багато простих поверхонь, які можна використати в якості чистових баз.

За якісними показниками деталь "цапфа задня" - технологічна.

Кількісна характеристика технологічності деталі проводиться за показниками застосування уніфікованих елементів конструкції, точності розмірів, шорсткості поверхні.

Коефіцієнт використання заготовки за формулою (1.2):

$$K_{\text{вик}} = \frac{3,2}{13,9} = 0,23 < 0,8$$

За даним показником деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} \geq 0,6$$

де $Q_{y.e.}$ – загальна кількість конструктивних елементів;

Q_e – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{y.e.} = \frac{121}{154} = 0,78 \geq 0,6$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки:

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

$$A_{\text{CP}} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}}$$

де n - кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k - квалітет точності;

A_{CP} - середній квалітет точності.

$$A_{CP} = \frac{10 \cdot 11 + 11 \cdot 9 + 14 \cdot 9 + 16 \cdot 2 + 15 \cdot 4 + 13 \cdot 7 + 12 \cdot 9 + 7 \cdot 4 + 6 \cdot 1 + 4 \cdot 1}{57} = 11,65$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{11,65} = 0,91 > 0,8$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{CP}} < 0,32$$

де B_{CP} - середнє значення параметра шорсткості (за кресленням);

$$B_{CP} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{\text{заг}}}$$

де k - значення параметра шорсткості;

n - кількість поверхонь, які мають відповідну шорсткість;

$$B_{CP} = \frac{0,8 \cdot 6 + 1,6 \cdot 37 + 3,2 \cdot 3 + 0,4 \cdot 1}{57} = 1,58$$

$$K_{ш} = \frac{1}{1,58} = 0,63 > 0,32$$

За даним показником деталь нетехнологічна.

На підставі вищевикладених обчислень, можемо зробити висновок, що деталь нетехнологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Процес переходу від заготовки до деталі необхідно виконувати за декілька переходів. Кількість переходів, їх послідовність визначають при проектуванні маршруту обробки поверхні (МОП) [6].

МОП - це певна послідовність технологічних переходів обробки поверхні заготовки, необхідних для досягнення заданих показників якості цієї поверхні [6].

Для визначення кількості механічних переходів для отримання необхідної точності і якості поверхні розраховують:

- загальне уточнення [1]:

$$\varepsilon_{Td} = \frac{Ti_{заг}}{Ti_{дет}}$$

де $Ti_{заг}$ – допуск на i -й параметр заготовки,

$Ti_{дет}$ - допуск на i -й параметр деталі за робочим кресленням.

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{Ra_{заг}}{Ra_{дет}}$$

де $Ra_{заг}$ – шорсткість на i -й параметр заготовки;

$Ra_{дет}$ - шорсткість на i -й параметр деталі за робочим кресленням.

- кількість переходів за лімітуючим показником [1]:

$$k_{Ti} = 2lg\varepsilon_{T0i}$$

- часткове уточнення на кожному j -тому переході [1]

$$\varepsilon_{ij} = \frac{Ti_{(j-1)}}{Ti_j}$$

де $Ti_{(j-1)}$ та Ti_j – відповідно технологічні допуски, які забезпечуються на попередньому $(j - 1)$ -і даному j -тому переходах.

$$\varepsilon_{ij} = \frac{Ra_{(j-1)}}{Ra_j}$$

де $Ra_{(j-1)}$ та Ra_j – відповідна шорсткість, яка забезпечуються на попередньому $(j - 1)$ -і даному j -тому переходах.¶

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятим, якщо виконується умова [1]:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij}$$

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні
 $\varnothing 85^{+0,023}_{+0,013}$ мм

Вихідні дані:

Заготовка:

$Td_3 = 2200$ мкм;

$Ra_3 = 100$ мкм;

Квалітет - IT 16;

Деталь:

$Td_d = 0,010$ мм = 10 мкм;

$Ra_d = 0,4$ мкм

Квалітет – m4.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.11) та (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{2200}{10} = 220$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{100}{0,4} = 250$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.13):

$$k_{розр} = 2lg250 = 4,8$$

Приймаємо кількість переходів $K=4$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 16 - 4 = 12 = 4 + 3 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT16 \rightarrow h12 \rightarrow T/O \rightarrow h9 \rightarrow h6 \rightarrow m4$$

$$Ra\ 100 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 0,8 \rightarrow Ra\ 0,4$$

Визначаємо уточнення за формулою (1.14) та (1.15):

Точіння чорнове:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{2200}{350} = 6,3$$

$$\varepsilon_{Ra1} = \frac{100}{12,5} = 8.$$

Точіння чистове:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{350}{87} = 4,$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9.$$

Точіння тонке:

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{87}{22} = 3,9$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{3,2}{0,8} = 4.$$

Шліфування:

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{22}{10} = 2,2$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{0,8}{0,4} = 2.$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.16):

$$\prod_{i=1}^k \varepsilon_{iTd} = 6,28 \cdot 4 \cdot 3,9 \cdot 2,2 = 216,7$$

$$\prod_{i=1}^k \varepsilon_{iRa} = 8 \cdot 3,9 \cdot 4 \cdot 2 = 249,6$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq \prod \varepsilon_{iTd}$$

$$220 \leq 216,7 - \text{вірно}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq \prod \varepsilon_{iRa}$$

$$250 \leq 249,6 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятим.

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні
 $\varnothing 76,6^{+0,03}$ мм.

Визначимо дані по деталі та заготовці:

Заготовка:

$Td_3 = 1900$ мкм;

$Ra_3 = 100$ мкм;

Квалітет - IT 16;

Деталь:

$Td_d = 0,030$ мм = 30 мкм;

$Ra_d = 0,8$ мкм

Квалітет – H7.

Визначаємо загальні уточнення за формулою (1.11) та (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{1900}{30} = 63$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{100}{0,8} = 125$$

Визначаємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою (1.13):

$$K_{розр} = 2lg125 = 4,2$$

Приймаємо кількість переходів $K=4$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 16 - 7 = 9 = 3 + 3 + 2 + 1$$

Складаємо послідовність ПТК:

$$IT16 \rightarrow H13 \rightarrow T/O \rightarrow H10 \rightarrow H8 \rightarrow H7$$

$$Ra\ 100 \rightarrow Ra\ 12,5 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6 \rightarrow Ra\ 0,8$$

Визначаємо уточнення за формулою (1.14) та (1.15):

Розточування чорнове:

$$\mathcal{E}_{Td1} = \frac{1900}{460} = 4,1,$$

$$\mathcal{E}_{Ra1} = \frac{100}{12,5} = 8.$$

Розточування чистове:

$$\mathcal{E}_{Td2} = \frac{460}{120} = 3,8,$$

$$\mathcal{E}_{Ra2} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9.$$

Розточування тонке:

$$\mathcal{E}_{Td4} = \frac{120}{46} = 2,6$$

$$\mathcal{E}_{Ra4} = \frac{3,2}{1,6} = 2$$

Шліфування:

$$\mathcal{E}_{Td4} = \frac{46}{30} = 1,5$$

$$\mathcal{E}_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2.$$

Загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.16):

$$\prod_{i=1}^k \varepsilon_{iTd} = 4,1 \cdot 3,8 \cdot 2,6 \cdot 1,5 = 61$$

$$\prod_{i=1}^k \varepsilon_{iRa} = 8 \cdot 3,9 \cdot 2 \cdot 2 = 124,8$$

$$\varepsilon_{oTd} \leq P\varepsilon_{iTd}$$

$$63 \leq 61 - \text{вірно}$$

$$\varepsilon_{oRa} \leq P\varepsilon_{iRa}$$

$$125 \leq 124,8 - \text{вірно}$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятим. Дані заносимо в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 - План обробки поверхонь

	Показник	Уточнення	Кількість переходів	Різниця показн. ШПТК	i	Метод обр.	Td, мкм	Ra, мкм	ε_{iTd}	ε_{iRa}		
Зовнішня ^{+0,023} циліндр. пов. Ø85 _{+0,013}	Td	220	4	16-4= =12=4+3+3+2	1	Заготівельна	IT16	2200	100	-	-	
	Ra	250			2	Чорнове точіння	h12	350	12,5	6,3	8	
					3	T/O	-	-	-	-	-	-
					4	Чистове точіння	H9	87	3,2	4	3,9	
					5	Тонке точіння	h6	22	0,8	3,9	4	
					6	Шліфування	m4	10	0,4	2,2	2	
					Уточнення						217	249,6
Внутр. циліндр. пов. Ø76,6 ^{+0,03}	Td	63	4	16-7= =9=3+3+ +2+1	1	Заготівельна	IT16	1900	100	-	-	
	Ra	125			2	Розточування чорнове	H13	460	12,5	4,1	8	
					3	T/O	-	-	-	-	-	-
					4	Розточування чистове	H10	120	3,2	3,8	3,9	
					5	Розточування тонке	H8	46	1,6	2,6	2	
					6	Шліфування	H7	30	0,8	1,5	2	
											61	124,8

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

При проектуванні технологічного процесу вирішують головні задачі технології, а саме забезпечення: необхідної якості; максимальної продуктивності; мінімальної собівартості; мінімального шкідливого впливу на оточуюче середовище.

При призначенні переходів МОП використовують методи впливу на поверхню. При формуванні МВД визначають засоби впливу. Основним елементом при проектуванні технологічного процесу є операція.

МВД – це загальний план, в якому на основі МОП встановлюють зміст та послідовність операцій технологічного процесу, вказують тип та модель обладнання.

Розробка змісту операцій означає послідовність переходів в операції. Розробка технологічної операції починається з виявлення елементарних поверхонь, обробка яких повинна здійснюватися певним інструментом, тобто з розчленовування операції на переходи [6].

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Циліндрична зовнішня поверхня $\varnothing 85^{+0,023}_{+0,013}$ мм

Обираємо мінімальні припуски табличним методом [3, с. 39, таблиця 4.3]:

$$\text{Точіння чорнове } 2z_2^{\min} = 2 \cdot 3,3 = 6,6 \text{ мм};$$

$$\text{Точіння чистове } 2z_3^{\min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ мм};$$

$$\text{Точіння тонке } 2z_4^{\min} = 2 \cdot 0,18 = 0,36 \text{ мм};$$

$$\text{Шліфування однократне } 2z_6^{\min} = 2 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ мм};$$

Визначаємо номінальні припуски:

$$2z_2^H = 2z_2^{min} + ei_1;$$

$$2z_2^H = 6,6 + 0,7 = 7,3 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{min} + Td_2;$$

$$2z_3^H = 0,6 + 0,35 = 0,95 \text{ мм};$$

$$2z_4^H = 2z_4^{min} + Td_3;$$

$$2z_4^H = 0,36 + 0,087 = 0,447 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{min} + Td_4;$$

$$2z_5^H = 0,2 + 0,022 = 0,222 \text{ мм};$$

Знайдемо номінальні діаметри [1]:

$$d_i^H = d_{i+1}^H + 2Z_{i+1}^H \quad (1.17)$$

де d^H – номінальний діаметр;

$2Z^H$ – номінальний припуск.

$$d_1^H = 86,619 + 7,3 = 93,919 \text{ мм};$$

$$d_2^H = 85,669 + 0,95 = 86,619 \text{ мм};$$

$$d_3^H = 85,222 + 0,447 = 85,669 \text{ мм};$$

$$d_4^H = 85 + 0,222 = 85,222 \text{ мм};$$

$$d_5^H = 85 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальні припуски [1]:

$$2Z_i^{max} = Td_{i-1} + 2Z_i^{min} + Td_i \quad (1.18)$$

де Td – поле допуску;

$2Z^{\min}$ – мінімальний припуск.

$$2Z_2^{\max} = 6,6 + 2,2 + 0,35 = 9,15 \text{ мм};$$

$$2Z_3^{\max} = 0,95 + 0,087 = 1,037 \text{ мм};$$

$$2Z_4^{\max} = 0,447 + 0,022 = 0,469 \text{ мм};$$

$$2Z_5^{\max} = 0,222 + 0,01 = 0,232 \text{ мм};$$

Загальний номінальний припуск [1]:

$$2Z_0^H = \sum_{i=2}^k 2Z_i^H = 2Z_2^H + 2Z_3^H + 2Z_5^H + 2Z_6^H \quad (1.19)$$

$$2Z_0^H = 7,3 + 0,95 + 0,447 + 0,222 = 8,919 \text{ мм.}$$

Перевірка:

$$d_{\text{заг}}^H - d_{\text{дем}}^H = 2Z_0^H$$

$$93,919 - 85 = 8,942$$

$$8,942 = 8,942 - \text{вірно.}$$

$$2Z_2^{\max} - 2Z_2^{\min} = Td_1 + Td_2$$

$$9,15 - 6,6 = 2,2 + 0,35$$

$$2,55 = 2,55 - \text{вірно.}$$

$$2Z_3^{\max} - 2Z_3^{\min} = Td_2 + Td_3;$$

$$1,037 - 0,6 = 0,35 + 0,087$$

$$0,437 = 0,437 - \text{вірно.}$$

$$2Z_4^{\max} - 2Z_4^{\min} = Td_3 + Td_4;$$

$$0,469 - 0,36 = 0,087 + 0,022$$

$$0,109 = 0,109 - \text{вірно.}$$

$$2z_5^{max} - 2z_5^{min} = Td_4 + Td_5;$$

$$0,232-0,2=0,022+0,01$$

$$0,032=0,032 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 - Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 85^{+0,023}_{+0,013}$ мм

	Операції	es, мм	ei, мм	Td, мм	$2z_i^H$, мм	d_i^H , мм	Виконавчий розмір d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготовка	1,5	-0,7	2,2	-	93,919	$\varnothing 94^{+1,5}_{-0,7}$	-	-
2	Чорнове точіння	-	-0,35	0,35	7,3	86,619	$\varnothing 86,62_{-0,35}$	9,15	6,6
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Чистове точіння	-	-0,087	0,087	0,95	85,669	$\varnothing 85,67_{-0,087}$	1,037	0,6
4	Тонке точіння	-	-0,022	0,022	0,447	85,222	$\varnothing 85,22_{-0,022}$	0,469	0,36
5	Шліфування остаточне	0,023	0,013	0,01	0,222	95	$\varnothing 85^{+0,023}_{+0,013}$	0,232	0,2

Циліндрична внутрішня поверхня $\varnothing 76,6^{+0,03}$ мм

Визначаємо висоту нерівностей R_z та висоту дефектного шару h [3, с. 19, таблиця 3.7]: $R_z=160$ мкм; $h = 300$ мкм.

За переходами:

Розточування чорнове $R_z = 40$ мкм; $h = 75$ мкм.

Розточування чистове. $R_z = 20$ мкм; $h = 20$ мкм.

Розточування тонке $R_z = 10$ мкм; $h = 15$ мкм.

Шліфування остаточне $R_z = 3,2$ мкм; $h = 10$ мкм.

Визначимо значення просторових відхилень ρ для заготовки [3, с. 25, таблиця 3.9]:

$$\rho_{кор}^{табл} = 1,6 \text{ мкм/мм};$$

$$\rho_{кор} = \rho_{кор}^{табл} \cdot l;$$

$$\rho_{кор} = 1,6 \cdot 73 = 116,8 \text{ мкм};$$

$$\rho_{зміщ} = \rho_{зміщ}^{табл} \cdot l;$$

$$\rho_{зміщ} = 3 \cdot 73 = 219 \text{ мкм};$$

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зміщ}^2};$$

$$\rho = \sqrt{116,8^2 + 219^2} = 248,2 \text{ мкм}.$$

За переходами :

Коефіцієнти уточнення [4, с. 190, таблиця 29]:

$$K_{урозт.чорн.} = 0,06 ; K_{урозт.чист.} = 0,04 ; K_{утонок.} = 0,03 ; K_{ушлиф.} = 0,01$$

$$\rho_2 = 248,2 \cdot 0,06 = 14,9 \text{ мкм};$$

$$\rho_{т/о} = 0,5 \cdot 73 = 36,5 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = 14,9 \cdot 0,04 = 0,596 \text{ мкм};$$

$$\rho_4 = 0,596 \cdot 0,03 = 0,017 \text{ мкм};$$

$$\rho_5 = 36,5 \cdot 0,01 = 0,365 \text{ мкм};$$

$\rho_{кор.Т/О}$ - короблення заготовки після термообробки $\rho_{кор.Т/О} = 0,5 \text{ мкм/мм}$ [4, с.186, таблиця 16].

Визначимо мінімальні припуски [1]:

$$2Z_i^{min} = 2(Rz_{i+1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.20)$$

де Rz – висота мікронерівностей поверхні;

h – висота дефектного шару;

ε_i – похибка установки заготовки;

ρ – просторове відхилення.

$$2z_2^{min} = 2(160 + 300 + \sqrt{248,2^2 + 150^2}) = 1,5 \text{ мм};$$

$$2z_3^{min} = 2(40 + 75 + \sqrt{14,9^2 + 100^2}) = 0,43 \text{ мм};$$

$$2z_4^{min} = 2(20 + 20 + \sqrt{0,596^2 + 80^2}) = 0,24 \text{ мм};$$

$$2z_5^{min} = 2(10 + 15 + \sqrt{0,017^2 + 50^2}) = 0,15 \text{ мм}.$$

Визначимо номінальні припуски [1]:

$$2z_2^H = 2z_2^{min} + es_1;$$

$$2z_2^H = 1,5 + 1,5 = 3 \text{ мм};$$

$$2z_3^H = 2z_3^{min} + Td_2;$$

$$2z_3^H = 0,43 + 0,46 = 0,89 \text{ мм};$$

$$2z_4^H = 2z_4^{min} + Td_3;$$

$$2z_4^H = 0,24 + 0,12 = 0,36 \text{ мм};$$

$$2z_5^H = 2z_5^{min} + Td_4;$$

$$2z_5^H = 0,15 + 0,046 = 0,196 \text{ мм}.$$

Визначимо номінальні діаметри [1]:

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

де d_i^H - номінальний діаметр;

$2z_i^H$ - номінальний припуск.

$$d_1^H = 75,154 - 3 = 72,154 \text{ мм};$$

$$d_2^H = 76,044 - 0,89 = 75,154 \text{ мм};$$

$$d_3^H = 76,404 - 0,36 = 76,044 \text{ мм};$$

$$d_4^H = 76,6 - 0,196 = 76,404 \text{ мм};$$

$$d_5^H = 76,6 \text{ мм}.$$

Знайдемо максимальні припуски за формулою (1.18):

$$2z_2^{max} = 1,5 + 1,9 + 0,46 = 3,86 \text{ мм};$$

$$2z_3^{max} = 0,89 + 0,12 = 1,01 \text{ мм};$$

$$2z_4^{max} = 0,36 + 0,046 = 0,406 \text{ мм};$$

$$2z_5^{max} = 0,196 + 0,03 = 0,226 \text{ мм}.$$

Загальний номінальний припуск за формулою (1.19):

$$2z_o^H = 3 + 0,89 + 0,36 + 0,196 = 4,446 \text{ мм}.$$

Перевірка:

$$d_{\text{дем}}^H - d_{\text{заг}}^H = 2z_o^H$$

$$76,6 - 72,154 = 4,446$$

$$4,446 = 4,446 - \text{вірно}.$$

$$2z_2^{max} - 2z_2^{min} = Td_1 + Td_2$$

$$3,86 - 1,5 = 1,9 + 0,46$$

$$2,36 = 2,36 - \text{вірно}.$$

$$2z_3^{max} - 2z_3^{min} = Td_2 + Td_3;$$

$$1,01 - 0,43 = 0,46 + 0,12$$

$$0,58 = 0,58 - \text{вірно}.$$

$$2z_4^{max} - 2z_4^{min} = Td_3 + Td_4;$$

$$0,406-0,24=0,12+0,046$$

$$0,166=0,166 - \text{вірно.}$$

$$2z_5^{max} - 2z_5^{min} = Td_3 + Td_5;$$

$$0,226-0,15=0,046+0,03$$

$$0,076=0,076 - \text{вірно.}$$

Результати заносимо в таблицю 1.8.

Таблиця 1.8 - Розрахунок припусків на обробку поверхні $\varnothing 76,6^{+0,03}$

	Операції	R_z , мкм	h, мкм	ρ , мкм	ε_i , мкм	Td, мм	$2z_i''$, мм	d_i'' , мм	Викон. р-р d, мм	$2z_i^{max}$, мм	$2z_i^{min}$, мм
1	Заготівельна	160	300	248,2	-	1,9	-	72,154	$\varnothing 72,15^{+1,5}_{-0,4}$	-	-
2	Розточування чорнове	40	75	14,9	150	0,46	3	75,154	$\varnothing 75,15^{+0,46}$	3,86	1,5
	Т/О	-	-	36,5	-	-	-	-	-	-	-
3	Розточування чистове	20	20	0,596	100	0,12	0,89	76,044	$\varnothing 76,04^{+0,12}$	1,01	0,43
4	Розточування тонке	10	15	0,017	80	0,046	0,36	76,404	$\varnothing 76,4^{+0,046}$	0,406	0,24
5	Шліфування	3,2	10	0,365	50	0,03	0,196	76,6	$\varnothing 76,6^{+0,03}$	0,226	0,15

1.6 Розрахунок режимів різання

Етапи призначення режимів різання:

а) обрати ріжучий інструмент;

б) призначити стійкість ріжучого інструменту T, хв. Обираємо з таблиць з довідника [5] в залежності від типу, матеріалу і геометрії інструмента та параметрів заготовки;

в) призначити глибину різання t, мм;

- для точіння, круглого шліфування, розточування, розгортання, зенкерування [1]:

$$t = \frac{d_{i-1} - d_i}{2}$$

де d_{i-1} – розмір деталі, отриманий на попередній операції, мм;

d_i – розмір, який отримують на даній операції, мм.

г) призначити подачу:

- обираємо $S_{табл}$, мм/об за спеціальними таблицями;

- знаходимо $S_{розр}$, мм/об;

Для точіння [5]:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Sn} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{Sз} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm} \quad (1.23)$$

де K_{Sn} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні;

K_{Su} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента;

$K_{S\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхні;

$K_{Sз}$ – коефіцієнт, що враховує термообробку;

$K_{Sж}$ – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи;

K_{Sm} – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі.

Для свердління [5]:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Si} \cdot K_{Su} \cdot K_{Sd} \cdot K_{Sж} \cdot K_{Sm}$$

де K_{Si} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління;

K_{Sd} – коефіцієнт, який враховує тип оброблюваного отвору.

Для фрезерування [5]:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_{Sc} \cdot K_{Su} \cdot K_{S\phi} \cdot K_{SR}$$

де K_{Sc} – коефіцієнт, що враховує шифр схеми фрезерування;

K_{SR} – коефіцієнт, що враховує шорсткість поверхні.

Для шліфування [5]:

$$S_{розр} = S_{табл} \cdot K_m \cdot K_R \cdot K_D \cdot K_{Vk} \cdot K_t \cdot K_T \cdot K_h$$

де K_R – коефіцієнт, що враховує радіус галтелі;

K_D – коефіцієнт, який враховує діаметр круга;

K_{Vk} – коефіцієнт, що враховує швидкість круга;

K_t – коефіцієнт, що враховує стійкість круга;

K_T – коефіцієнт, що враховує точність обробки;

K_h – коефіцієнт, що враховує припуск на обробку.

- визначаємо S_o , мм/об за паспортом верстата.

д) визначаємо швидкість різання:

- обираємо $V_{табл}$, м/мин за спеціальними таблицями;

- знаходимо $V_{розр}$, м/мин;

Для точіння [5]:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vz} \cdot K_{Vж} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo}$$

де K_{Vo} – коефіцієнт, що враховує вплив ЗОР;¶

$K_{V\phi}$ – коефіцієнт, що враховує кут в плані.¶

Для свердління [5]:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vl} \cdot K_{Vu} \cdot K_{Vd} \cdot K_{VT} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo}$$

Для фрезерування [5]:

$$V_{розр} = V_{табл} \cdot K_{Vn} \cdot K_{Vu} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vc} \cdot K_{V\phi} \cdot K_{Vm} \cdot K_{Vo} \cdot K_{VB} \quad (1.29)$$

де K_{VB} – коефіцієнт, що враховує відношення фактичної ширини фрезерування до нормативної.

ж) визначаємо кількість обертів n , об/хв.:

- визначаємо $n_{розр}$ [5];

$$n_{розр} = \frac{1000 \cdot V_{розр}}{\pi \cdot d}$$

- за паспортом верстата приймаємо найближче менше значення $n_{верст}$, об/хв.;

- знаходимо фактичну швидкість різання V_{ϕ} , м/хв. [5];

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{верст}}{1000}$$

- розраховуємо потужність різання N , кВт [5].

$$N = \frac{P \cdot V_{\phi}}{1020 \cdot 60} \quad (1.32)$$

де P – сила різання, Н;

V_{ϕ} – фактична швидкість, м/хв.

Операція 010 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК MDW-20S.

Пристосування: трьохкулачковий патрон.

Інструмент: різець 25x30, $\phi = 30^\circ$, T5K10, R=1 мм;

Операційний ескіз токарної операції зображен на рисунку 1.7.

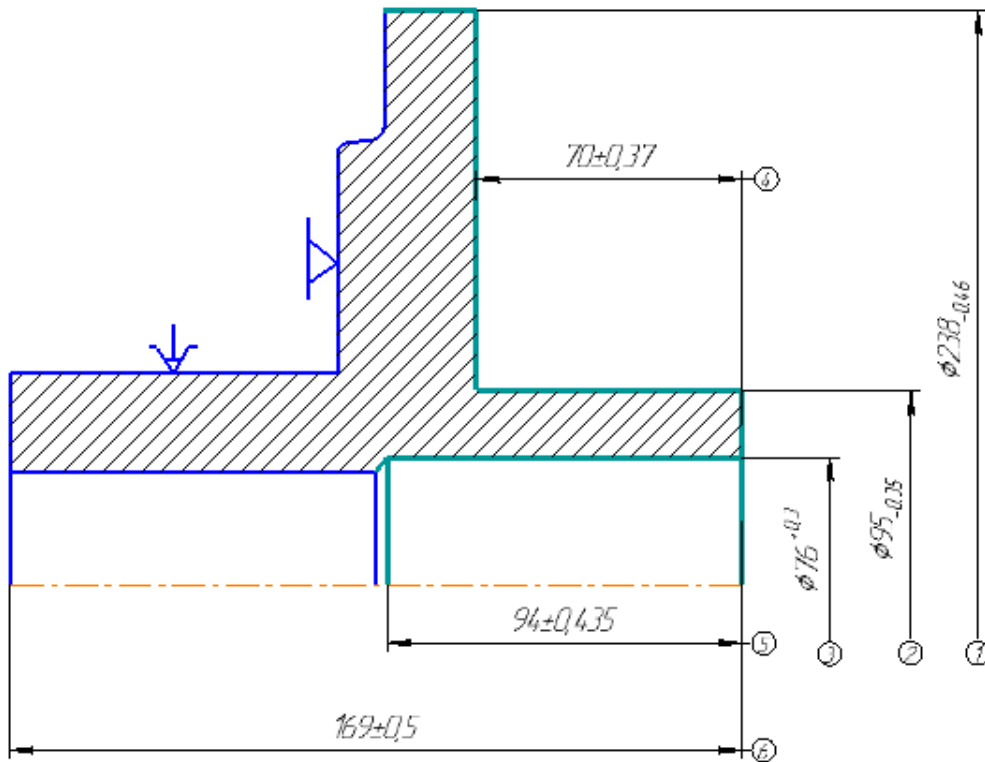
$\sqrt{Ra\ 125\ (\sqrt{\quad})}$


Рисунок 1.7 - Операційний ескіз токарної операції

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{240-238}{2} = 1 \text{ мм};$$

$$t_2 = \frac{98-95}{2} = 1.5 \text{ мм};$$

$$t_3 = \frac{76-66}{2} = 5 \text{ мм};$$

$$t_4 = 70 - 65 = 5 \text{ мм};$$

$$t_6 = 171 - 169 = 2 \text{ мм}.$$

Перехід 1: Точити поверхні витримуючи розміри 6,2,1,4.

Обираємо подачу за [5, с.237, таблиця 26]: $S_{табл} = 0,57 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.23) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{розр} = 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,78 = 0,44 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sn} = 1$;

$$K_{Su} = 1;$$

$$K_{S\phi} = 1;$$

$$K_{S3} = 1;$$

$$K_{Sж} = 1;$$

$$K_{Sm} = 0,78.$$

Приймаємо $S_o = 0,4 \text{ мм/об}$.

Табличну швидкість обираємо за [5, с.246, таблиця 40]: $V_{табл} = 37 \text{ м/хв}$.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.27):

$$V_{розр} = 37 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1,2 = 28 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1$;

$$K_{Vu} = 1,4;$$

$$K_{V3} = 1;$$

$$K_{Vж} = 1;$$

$$K_{Vm} = 0,55;$$

$$K_{Vo} = 1;$$

$$K_{V\phi} = 1,2.$$

За формулою (1.30) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 28}{3,14 \cdot 38} = 235,3 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 230 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.31)

$$V = \frac{3,14 \cdot 38 \cdot 230}{1000} = 27,4 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою [5]:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V_d^n \cdot K_p \quad (1.33)$$

де C_p - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу за одиницю вимірювання; $C_p = 204$ [4, таблиця 22, стор. 273];

x, y, n – показники степеня які залежать від глибини різання та швидкості різання; $x=1, y=0,75, n=0$;

K_p – ряд коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання [5]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.34)$$

де K_{mp} – коефіцієнт на характеристику механічних властивостей обробляемого матеріалу; $K_{mp} = 1,14$ [4, стор. 273-274];

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив переднього кута різця на сили різання; $K_{\gamma p} = 1,1$ [4, стор. 273-274];

$K_{\phi p}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив головного кута різця на сили різання; $K_{\phi p} = 1,08$ [4, стор. 273-274];

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив кута нахилу головної ріжучої кромки на сили різання; $K_{\lambda p} = 1$ [4, стор. 273-274];

K_{rp} – коефіцієнт враховуючий вплив радіуса закруглення на сили різання; $K_{rp} = 0,93$ [4, стор. 273-274].

$$K_p = 1,14 \cdot 1,1 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,3$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 27,4^0 \cdot 1,3 = 2652 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання N за формулою (1.32)

$$N = \frac{2652 \cdot 27,4}{1020 \cdot 60} = 1,18 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.
Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

Загальна потужність верстата $N = 78 \text{ кВт}$.

$$1,18 < 78$$

Перехід 2: Точити поверхню витримуючи розмір 3.

Обираємо подачу за [5, с.237, таблиця 26]: $S_{\text{табл}} = 0,57 \text{ мм/об.}$

За формулою (1.23) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,57 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,78 \cdot 0,9 = 0,4 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sn} = 1$;

$$K_{Su} = 1;$$

$$K_{S\phi} = 1;$$

$$K_{S3} = 1;$$

$$K_{Sж} = 0,9;$$

$$K_{Sm} = 0,78.$$

Приймаємо $S_o = 0,4 \text{ мм/об.}$

Табличну швидкість обираємо за [5, с.246, таблиця 40]: $V_{табл} = 37 \text{ м/хв.}$

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.27):

$$V_{розр} = 37 \cdot 1 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 0,82 \cdot 0,55 \cdot 1 \cdot 1,2 = 28 \text{ м/хв}$$

де $K_{Vn} = 1;$

$$K_{Vu} = 1,4;$$

$$K_{V3} = 1;$$

$$K_{Vж} = 0,82;$$

$$K_{Vm} = 0,55;$$

$$K_{Vo} = 1;$$

$$K_{V\phi} = 1,2.$$

За формулою (1.30) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 28}{3,14 \cdot 91} = 98,2 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 100 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_{ϕ} за формулою (1.31)

$$V = \frac{3,14 \cdot 91 \cdot 100}{1000} = 28,5 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою (1.33):

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 27,4^0 \cdot 1,3 = 2652 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання N за формулою (1.32):

$$N = \frac{2652 \cdot 28,5}{1020 \cdot 60} = 1,23 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.
Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шт}}$$

Загальна потужність верстата $N = 78 \text{ кВт}$.

$$1,23 < 78$$

Операція 055 Свердлильна

Операція виконується на вертикально-обробному центрі DАHLІН MCV-720.

Інструмент: свердло $\varnothing 9 \text{ мм}$ ГОСТ 2034-80, матеріал Р6М5.

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60 \text{ хв}$;

Операційний ескіз свердлильної операції зображен на рисунку 1.8.

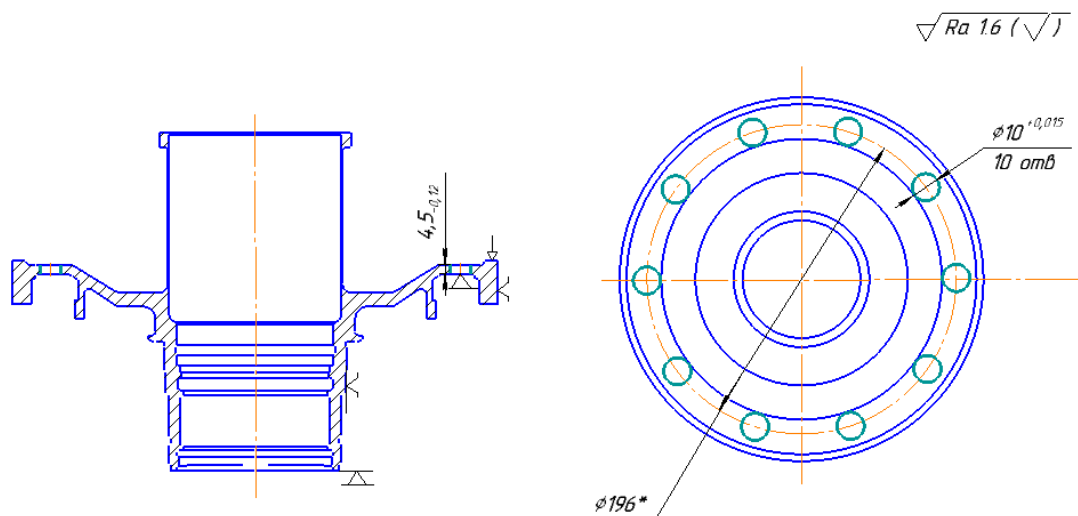


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз свердлильної операції

Глибина різання:

$$t_1 = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм};$$

Перехід 1: Свердлити 10 отворів витримуючи розмір $\varnothing 10$ мм.

Обираємо подачу за [5, с.267, таблиця 64]: $S_{\text{табл}} = 0,29$ мм/об.

За формулою (1.24) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,29 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,55 = 0,16 \text{ мм/об}$$

де $K_{Sl} = 1$;

$$K_{Su} = 1;$$

$$K_{Sd} = 1;$$

$$K_{Sm} = 0,55.$$

Приймаємо $S_o = 0,15$ мм/об.

Табличну швидкість обираємо за [5,с.271, таблиця 68]: $V_{\text{табл}} = 6,4$ м/хв.

Визначаємо $V_{\text{розр}}$ за формулою (1.28):

$$V_{\text{розр}} = 6,4 \cdot 0,77 \cdot 0,73 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 3,2 \text{ м/хв}$$

де $K_V = 0,77$;

$$K_{Vi} = 0,73;$$

$$K_{Vd} = 0,9;$$

$$K_{VT} = 1;$$

$$K_{Sl} = 1;$$

$$K_{Vo} = 1.$$

За формулою (1.30) визначаємо $n_{\text{розр}}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 3,2}{3,14 \cdot 10} = 83,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 80 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.31):

$$V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 80}{1000} = 3 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою [4]:

$$M_{\text{кр}} = 10C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (1.35)$$

де q, y - показники степеня які залежать від глибини різання; $q=2, y=0,7$ [4, таблиця 32, стор.281];

C_M - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу за одиницю оберту; $C_M = 0,041$ [4, стор.291];

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу; $K_p=1,2$ [4, стор.264-265].

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 9^2 \cdot 0,15^{0,7} \cdot 1,2 = 10,3 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_B}{9750} \quad (1.36)$$

$$N = \frac{10,3 \cdot 80}{9750} = 0,08 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.
Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=11$ кВт.

$$0,08 < 11$$

Операція 065 Фрезерна з ЧПК

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК 6М13СН2.

Інструмент: фреза Ø4 ГОСТ 17025 – 71, матеріал Р9М4К8;

Режими різання:

Стійкість інструмента $T=60$ хв;

Глибина різання: $t_1 = 1,4$ мм;

Операційний ескіз фрезерної операції зображен на рисунку 1.9.

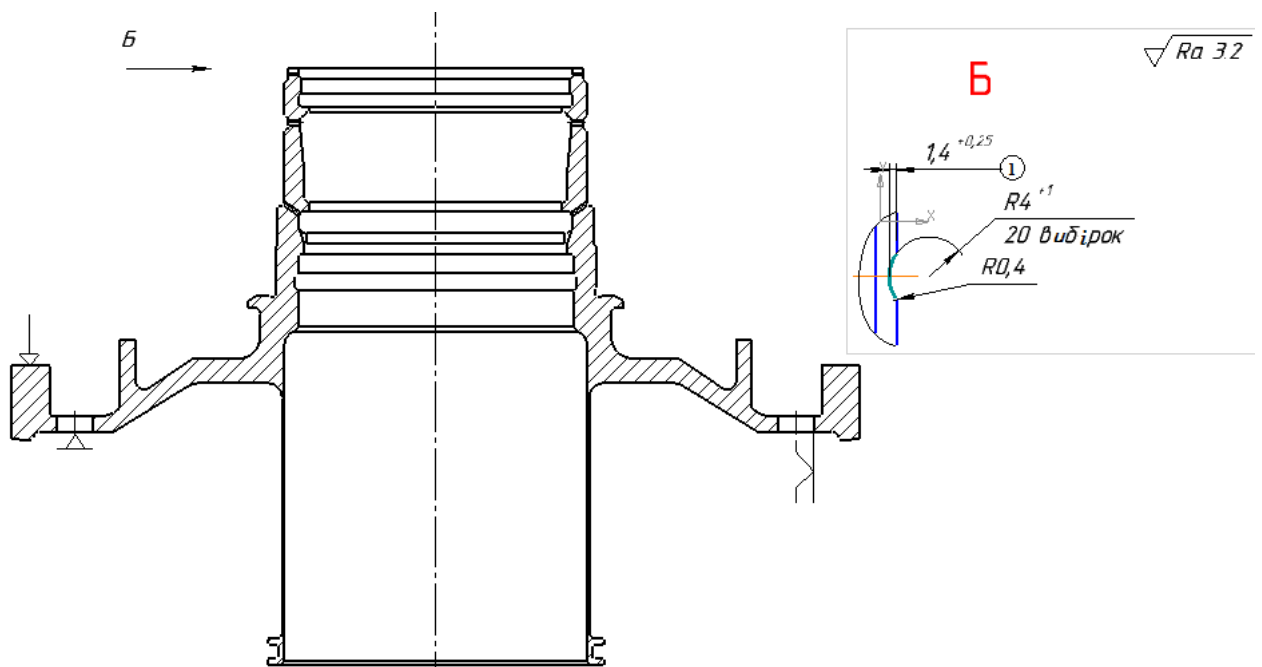


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз фрезерної операції

Обираємо подачу на зуб за [5, с.305, таблиця 113]: $S_{Z_{табл}} = 0,1 \text{ мм/зуб}$.

За формулою (1.25) визначаємо $S_{розр}$:

$$S_{Z_{розр}} = 0,1 \cdot 0,66 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,033 \text{ мм/об}$$

де $K_{V\phi} = 0,66$;

$$K_{Vu} = 1;$$

$$K_{SR} = 0,5.$$

$$S_o = S_{Z_{розр}} \cdot Z = 0,033 \cdot 2 = 0,066 \text{ мм/об}$$

де Z – кількість зубів фрези; $Z=2$.

Приймаємо $S_o = 0,06 \text{ мм/об}$.

Табличну швидкість обираємо за [5,с.320, таблиця 130]: $V_{табл} = 51 \text{ м/хв}$.

Визначаємо $V_{розр}$ за формулою (1.29):

$$V_{розр} = 51 \cdot 0,57 \cdot 1,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 32,6 \text{ м/хв}$$

де $K_{V\pi} = 1$;

$$K_{V\phi} = 0,57;$$

$$K_{Vu} = 1,12;$$

$$K_{VB} = 1;$$

$$K_{Vo} = 1.$$

За формулою (1.30) визначаємо $n_{розр}$:

$$n = \frac{1000 \cdot 32,6}{3,14 \cdot 124} = 83,7 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n = 80 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання V_ϕ за формулою (1.31)

$$V = \frac{3,14 \cdot 124 \cdot 80}{1000} = 31,1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою [5]:

$$P_z = \frac{10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} K_{\text{мр}} \quad (1.37)$$

де C_p - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу за одиницю вимірювання;

x, y, n – показники степеня які залежать від глибини різання та швидкості різання;

B - ширина фрезерування;

z – кількість зубів фрези;

D – діаметр фрези;

n – частота обертання фрези;

$K_{\text{мр}}$ – коефіцієнтів, які враховують якість матеріала, що обробляється [5]:

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 1,4^{0,86} \cdot 0,03^{0,72} \cdot 2^1 \cdot 2}{2^{0,86} \cdot 80^0} = 160,3 \text{ Н}$$

Розраховуємо потужність різання N за формулою (1.32)

$$N = \frac{160,3 \cdot 31,1}{1020 \cdot 60} = 0,08 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.
Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=10$ кВт.

$$0,08 < 10$$

Операція 050 Круглошліфувальна

Виконується на круглошліфувальному верстаті Si-8.

Шліфувальний круг 1-63х13х16 24AF60CM1 ГОСТ 2424-83, 35 м/с.

Операційний ескіз шліфувальної операції зображен на рисунку 1.10.

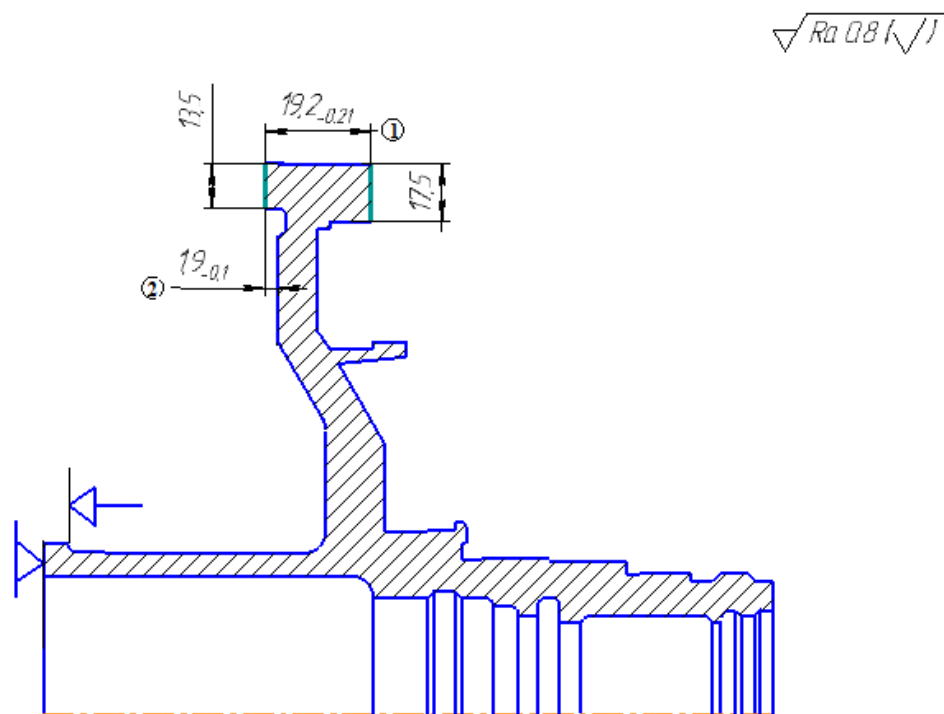


Рисунок 1.10 - Операційний ескіз шліфувальної операції

Перехід 1: Шліфувати поверхню витримуючи розмір 1.

Вибір подачі за [5, с.361, таблиця 180]: $S_{\text{табл}} = 0,014$ мм/об.

За формулою (1.26) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,014 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,0011 \text{ мм/об}$$

де $K_H = 0,5$;

$$K_B = 0,9;$$

$$K_l = 1;$$

$$K_D = 0,5;$$

$$K_T = 0,75;$$

$$K_{lT} = 0,6;$$

$$K_M = 0,8.$$

Приймаємо $S_o = 0,001$ мм/об.

Табличну швидкість обертання заготовки обираємо за [5, с.356, таблиця 174]: $V_{\text{дет}} = 25$ м/хв.

Частота обертання:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{кр}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{кр}}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 63} = 10660 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n_{\text{кр}} = 10600 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Фактична швидкість:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 10600}{1000 \cdot 60} = 34,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання при шліфуванні за формулою [4]:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_p^x \cdot d^q \cdot b^z \quad (1.38)$$

де C_N – коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу; $C_N=0,14$ [4, таблиця 56, стор. 303];

r, x, q, z – показники ступеня; $r=0,8; x=0,8; q=0,2; z=1$ [4, таблиця 56, стор. 303];

d – діаметр шліфування, мм;

b – ширина шліфування, мм.

$$N = 0,14 \cdot 25,9^{0,8} \cdot 0,001^{0,8} \cdot 236^{0,2} \cdot 13,5^1 = 0,29 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.
Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=21$ кВт.

$$0,29 < 21$$

Перехід 2: Шліфувати поверхню витримуючи розмір 2.

Вибір подачі за [5, с.361, таблиця 180]: $S_{\text{табл}} = 0,014$ мм/об.

За формулою (1.26) визначаємо $S_{\text{розр}}$:

$$S_{\text{розр}} = 0,014 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 0,0011 \text{ мм/об}$$

де $K_H = 0,5$;

$$K_B = 0,9;$$

$$K_l = 1;$$

$$K_D = 0,5;$$

$$K_T = 0,75;$$

$$K_{IT} = 0,6;$$

$$K_M = 0,8.$$

Приймаємо $S_o = 0,001$ мм/об.

Табличну швидкість обертання заготовки обираємо за [5, с.356, таблиця 174]: $V_{\text{дет}} = 25$ м/хв.

Частота обертання:

$$n_{кр} = \frac{1000 \cdot V_{кр} \cdot 60}{\pi \cdot D_{кр}} = \frac{1000 \cdot 35 \cdot 60}{3,14 \cdot 63} = 10660 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Обираємо частоту обертання $n_{кр} = 10600 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Фактична швидкість:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 10600}{1000 \cdot 60} = 34,9 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання при шліфуванні за формулою (1.38):

$$N = 0,14 \cdot 25,9^{0,8} \cdot 0,001^{0,8} \cdot 236^{0,2} \cdot 17,5^1 = 0,28 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата. Обробка можлива, якщо

$$N_{різ} < N_{шп}$$

де $N_{шп}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{шп}=21 \text{ кВт}$.

$$0,28 < 21$$

1.7 Технічне нормування операції

Нормування у машинобудуванні - це встановлення технологічно обумовлених норм часу. Нормування технологічних процесів виконується окремо для кожної операції [1].

Технологічною нормою часу називають час, який необхідний для виконання технологічної операції у певних організаційно-технічних умовах конкретно для кожного виробництва [1].

$$t_{\text{шт-к}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучний час, хв. [1];

$t_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час, хв. [1];

n – об'єм партії, шт.

$$t_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{приб}}$$

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_d$$

$$t_{\text{дод}} = t_{\text{оп}} \cdot \alpha_{\Sigma}$$

де $t_{\text{оп}}$ – операційний час, хв. [1];

$t_{\text{приб}}$ – час на обслуговування робочого місця та відпочинок, хв. [1];

α_{Σ} – коефіцієнт прибавочного часу [1];

t_o – основний час, хв. [1];

$t_{\text{доп}}$ – допоміжний час, хв. [1].

$$t_o = \sum t_{oj},$$

$$t_{oj} = \sum t_{oi},$$

$$t_{oi} = \frac{l_{\text{р.х.}}}{S_o * n} * i$$

де t_{oj} основний час i -го переходу, хв. [1];

t_{oi} – основний час обробки i -ї поверхні, хв. [1];

$l_{\text{р.х.}}$ – довжина робочого ходу, мм [1];

i – кількість проходів.

Для шліфування основний час за формулою [1]:

$$T_{\text{осн}} = \frac{z \cdot k}{S_p \cdot n}$$

де z – величина припуску, мм;

L – довжина робочого ходу, мм;

k – коефіцієнт виходжування, при чистовому шліфуванні $k=1,4$;

S_p – подача, мм/об;

n – частота обертів, об/хв.

$$t_{\text{доп}} = k \cdot (t_{\text{уст}} + t_{\text{зн}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{шп}} + t_{\text{шв}} + t_{\text{контр}})$$

де k – коефіцієнт, що враховує серійність [1];

$t_{\text{уст}}, t_{\text{зн}}$ – час на установку та зняття заготовки, хв. [1];

$t_{\text{кер}}$ – час, необхідний на управління верстатом, хв. [1];

$t_{\text{шп}}, t_{\text{шв}}$ – швидке підведення та відведення інструменту в початкове положення, хв. [1];

$t_{\text{контр}}$ – час на вимір та контроль основних параметрів деталі, хв. [1];

$$t_{\text{кер}} = t_{\text{вкл}} + t_{\text{викл}} + t_{\text{поворотарг}} + t_{\text{пер.част.}} + t_{\text{огр}}$$

де $t_{\text{вкл}}$ і $t_{\text{викл}}$ – час на вмикання та вимикання верстата, хв. [1];

$t_{\text{поворотарг}}$ – час на поворот револьверної головки в наступну позицію, хв. [1];

$t_{\text{пер.част.}}$ – час на переключення частоти обертання шпинделя, хв. [1];

$t_{\text{огр}}$ – час на огорожу від стружки, хв. [1];

Операція 010 Токарна з ЧПК

Основний час:

Перехід 1 :

Основний час за формулою (1.43):

$$L_1 = 259,5 + 3 + 3 = 265,5 \text{ мм}$$

$$T_{осн\ 1} = \frac{265,5}{0,4 \cdot 230} = 2,88 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$L_2 = 94 + 0 + 3 = 97 \text{ мм}$$

$$T_{осн\ 2} = \frac{97}{0,4 \cdot 100} = 2,42 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.44):

$$T_o = T_{осн\ 1} + T_{осн\ 2} = 2,88 + 2,42 = 5,3 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.47):

$$T_{вст} = 0,67 \text{ хв [6, карта 51, стр.138];}$$

$$T_{кер} = 0,08 + 0,05 + 0,15 + 0,03 = 0,31 \text{ хв[6, карта 60-61, стр.150];}$$

$$T_{контр} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв[6, карта 64, стр.160];}$$

$$T_{доп} = 0,67 + 0,31 + 0,18 = 1,16 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.41):

$$T_{он} = 5,3 + 1,16 = 6,46 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.42):

$$T_{доод} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 6,46 = 0,71 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.39):

$$T_{шт-к} = 6,46 + 0,71 + \frac{19}{336} = 7,22 \text{ хв.}$$

Операція 055 Свердлильна

Основний час за формулою (1.42):

$$L_1 = 4,5 + 4,5 + 3 = 12 \text{ мм}$$

$$T_{осн 1} = \frac{12}{0,15 \cdot 80} \cdot 10 = 10 \text{ хв.}$$

Основний час операції за формулою (1.41):

$$T_o = T_{осн 1} = 10 \text{ хв.}$$

Допоміжний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{доп} = 0,017 + 0,175 + 0,187 + 0,195 + 0,12 + 0,24 + 0,18 + 0,393 = 2,61 \text{ хв}$$

Час керування верстатом, розраховується за формулою (1.45):

$$t_{кер} = 0,005 + 0,006 + 0,006 = 0,017 \text{ хв}$$

Оперативний час розраховується за формулою (1.46):

$$t_{оп} = 12 + 1,01 = 13,01 \text{ хв}$$

Прибавочний час розраховується за формулою (1.47):

$$t_{\text{дод}} = 8\% \cdot 13,01 = 1,04$$

Штучний час розраховується за формулою (1.40):

$$t_{\text{шт}} = 13,01 + 1,04 = 13,5 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час розраховується за формулами відповідно (1.39):

$$t_{\text{шт-к}} = 13,5 + 19/336 = 13,55 \text{ хв}$$

Операція 065 Фрезерна

Основний час:

Основний час за формулою (1.43):

$$L_1 = 4 + 5 + 18 = 27 \text{ мм}$$

$$T_{\text{осн}} = \frac{27}{0,06 \cdot 80} \cdot 20 = 112,5 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.47):

$$T_{\text{вст}} = 0,53 \text{ хв [6, карта 81, стр.158];}$$

$$T_{\text{кер}} = 0,08 + 0,05 + 0,1 + 0,05 = 0,28 \text{ хв [6, карта 85-66, стр.170];}$$

$$T_{\text{контр}} = 0,12 + 0,06 = 0,18 \text{ хв [6, карта 88, стр.172];}$$

$$T_{\text{дон}} = 0,53 + 0,28 + 0,18 = 0,99 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.41):

$$T_{\text{он}} = 112,5 + 0,99 = 113,49 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.42):

$$T_{доо} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 113,49 = 12,48 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.39):

$$T_{шт-к} = 113,49 + 12,48 + \frac{29}{336} = 126 \text{ хв.}$$

Операція 050 Круглошліфувальна

Основний час за формулою (1.46):

Перехід 1:

$$T_{осн} = \frac{0,1 \cdot 1,4}{0,001 \cdot 10600} = 0,014 \text{ хв.}$$

Перехід 2:

$$T_{осн} = \frac{0,1 \cdot 1,4}{0,001 \cdot 10600} = 0,014 \text{ хв.}$$

Допоміжний час за формулою (1.47):

$$T_{вст} = 0,43 \text{ хв [6, карта 91, стр.188];}$$

$$T_{кер} = 0,08 + 0,05 + 0,2 + 0,03 = 0,36 \text{ хв [6, карта 94, стр.190];}$$

$$T_{контр} = 0,15 + 0,06 = 0,21 \text{ хв[6, карта 98, стр.194];}$$

$$T_{доп} = 0,43 + 0,36 + 0,21 = 1 \text{ хв.}$$

Операційний час за формулою (1.41):

$$T_{on} = 0,014 + 0,014 + 1 = 1,028 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця та відпочинок за формулою (1.42):

$$T_{ood} = (0,03 + 0,04 + 0,04) \cdot 1,5 = 0,165 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час за формулою (1.39):

$$T_{шт-к} = 1,028 + 0,165 + \frac{6}{336} = 1,21 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

В даному розділі всі операції виконуються за допомогою програмного модулю NX CAM.

Програма NX відноситься до «важких» систем автоматизованого проектування та характеризується великими функціональними можливостями, високою продуктивністю і стабільністю роботи. Програма NX підтримує розробку та виготовлення виробу на всіх етапах життєвого циклу - від створення тривимірних моделей деталей і креслень до формування програми для виготовлення деталі на верстаті з ЧПК [16].

1.8.1 Розробка токарної операції 010

Траекторія інструменту в процесі обробки зображено на рисунку 1.11.

Screenshot постпроцесування токарної операції зображено на рисунку 1.12.

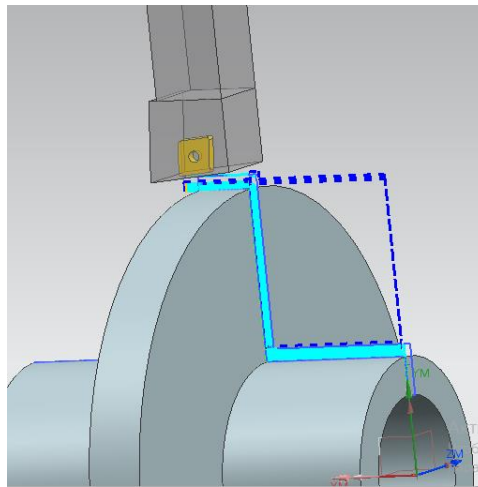


Рисунок 1.11 – Траекторія та ескіз виду інструменту в процесі обробки

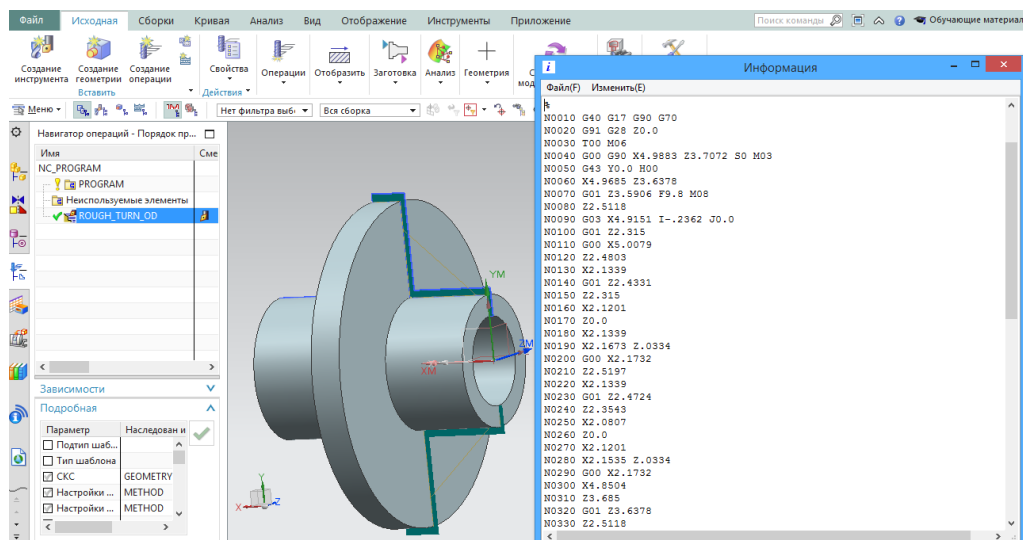


Рисунок 1.12 – Screenshot постпроцесування токарної операції

1.8.2 Розробка свердильної операції 055

Вид траєкторії інструменту в процесі обробки зображено на рис. 1.13.
Screenshot постпроцесування токарної операції зображено на рисунку 1.14.

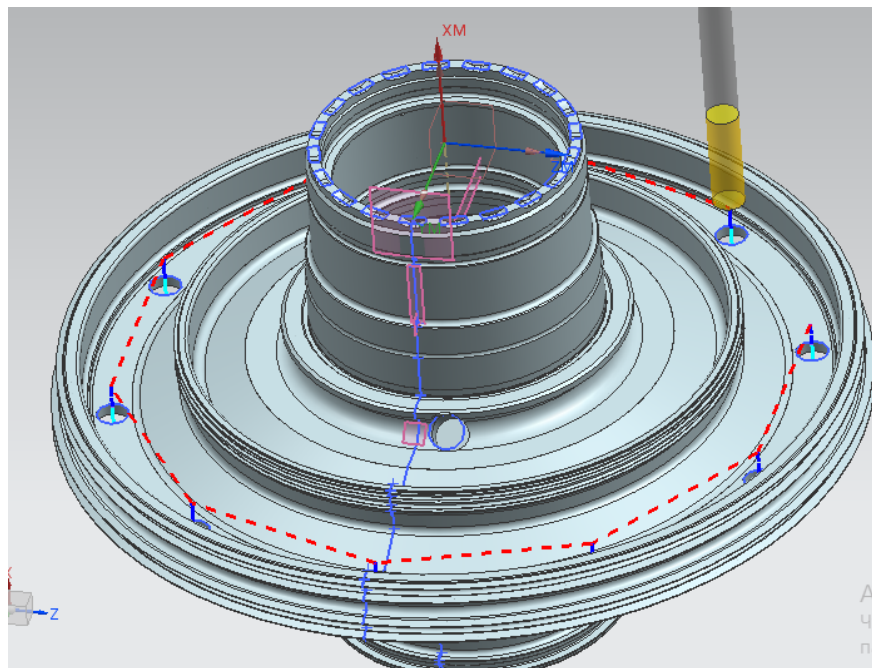


Рисунок 1.13 – Траєкторія та ескіз виду інструменту

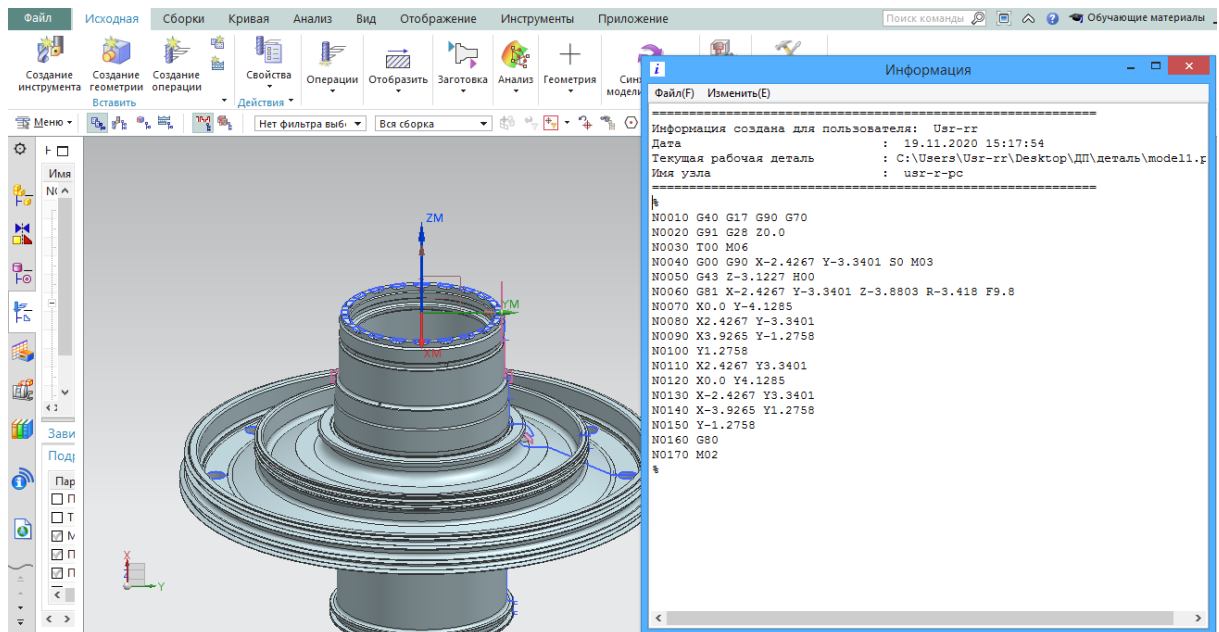


Рисунок 1.14 – Screenshot постпроцесування свердлильної операції

1.8.3 Розробка фрезерної операції 065

Вид траєкторії інструменту в процесі обробки зображено на рис. 1.15.
Screenshot постпроцесування токарної операції зображено на рисунку 1.16.

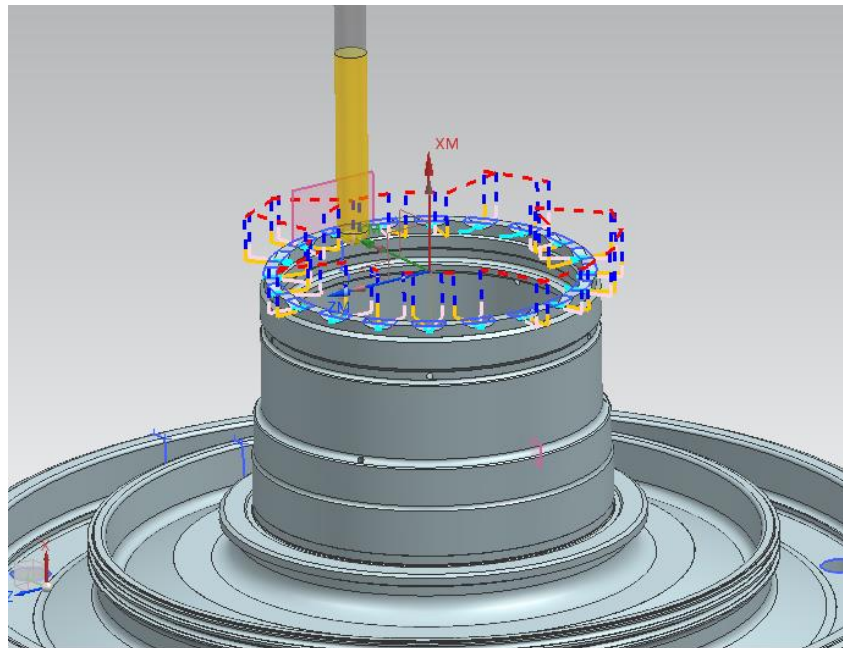


Рисунок 1.15– Траєкторія та ескіз виду інструменту в процесі обробки

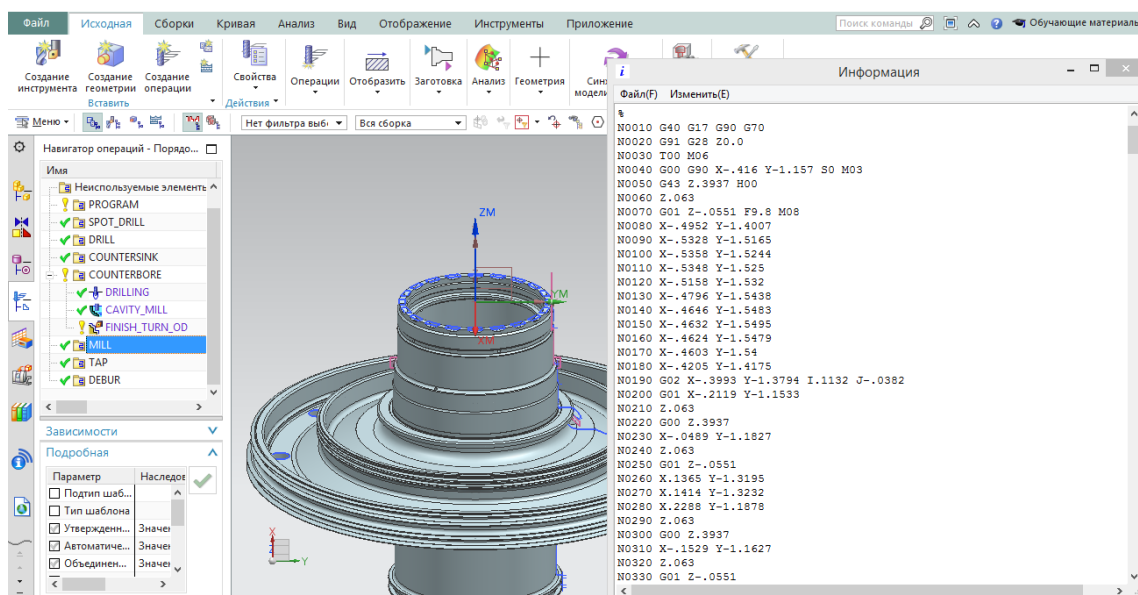


Рисунок 1.16 – Screenshot постпроцессування фрезерної операції

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Конструювання робочого пристосування

2.1.1 Опис конструкції та принципу роботи

Під час виконання магістерської роботи було спроектовано робоче пристосування для фрезерної операції (рис. 2.1). Даний пристрій є спеціальним пристосуванням для фрезерування 20 вибірок. Для того, щоб зменшити час, а відповідно і фінансові витрати. Дане пристосування виконується з гідроциліндром двосторонньої дії.

Пристрій складається з плити настановної, на якій встановлено корпус за допомогою болтів. У корпус встановлюється опорна плита, яка 3 болтами притягує до себе корпус гідроциліндра. Кришка гідроциліндра містить в собі кільце ущільнювача і затягується вісьмома болтами, на яких одягається пружинна шайба. Шток з'єднаний з поршнем, на який встановлені два ущільнювальних кільця, за допомогою стопорних гайок, так само шток має в собі кільце ущільнювача. Для забезпечення герметичності на шток так само встановлюється манжета, яка піджимається кільцем ущільнювача за допомогою шести болтів з одного боку, а з іншого піджимається втулкою. Важільна система з'єднується зі штоком і несе на собі дві лапки, за допомогою яких деталь притискається до плити опорної.

Принцип роботи цього механізму наступний:

Рідина подається через трубки і косинець в робочу камеру гідроциліндра, який тягне за собою шток з важільною системою, на якій встановлені дві лапки. За допомогою лапок деталь піджимається до опорної плити. При ході рідини через трубку відбувається зворотний рух гідроциліндра і деталь звільняється від затиску.

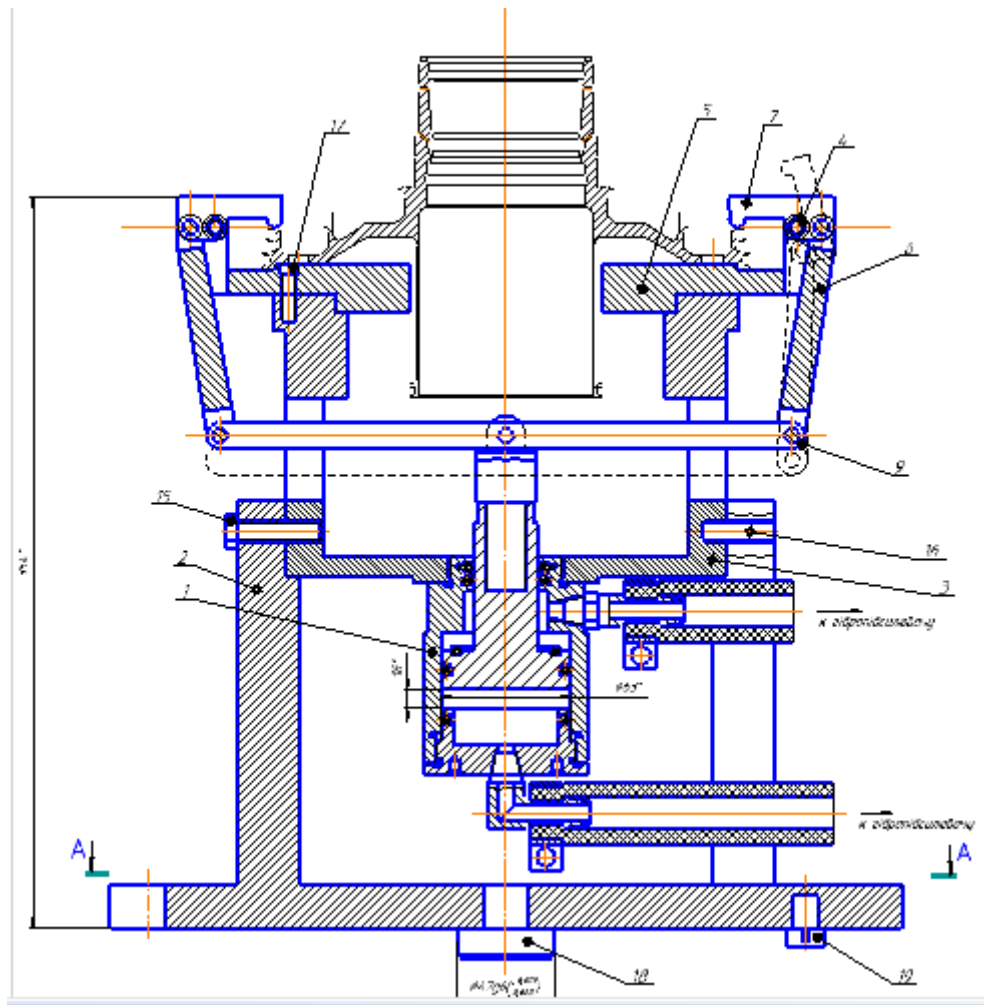


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для фрезерування вибірок

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Методика розрахунку пристосування на точність базується на тому, що сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір обробки.

$$T_{\text{обр}} > \sum_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = \varepsilon_{\text{уст}} + \varepsilon_{\text{пр}} + \varepsilon_{\text{наст}} + \varepsilon_{\text{обр}} \quad (2.2)$$

де $\varepsilon_{уст}$ – частина похибки обробки, що залежить від обраної схеми установки заготовки в пристосування. Похибка установки дорівнює нулю, так як настроювальна база співпадає з установчою базою; $\varepsilon_{уст} = 0$ мм [7]; ¶

..... $\varepsilon_{пр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення установчих елементів, їх зносу і установки пристосування на металорізальному верстаті [7]; ¶

$$\varepsilon_{пр} = \Delta 1 + \Delta 2 + \Delta 3 \quad (2.3)$$

де $\Delta 1$ – похибка, обумовлена неточністю виготовлення настановних елементів; $\Delta 1 = T_{у.ε} = 0,003$ мм [7];

$\Delta 2$ – похибка залежить від величини допустимого зношування установчих елементів; $\Delta 2 = 0,001$ мм [7];

$\Delta 3$ – похибка яка виникає при установці пристосування на металорізальному верстаті [7].

$$\varepsilon_{пр} = 0,003 + 0,001 + 0 = 0,004 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{настр}$ – частина похибки обробки, що залежить від точності виготовлення настроювальних елементів пристосування і процесу настройки, $\varepsilon_{настр} = 0,002$ мм [7];

$\varepsilon_{обр}$ – частина похибки обробки, що залежить від зношування ріжучого інструменту, геометричній неточності виготовлення верстата, пружних і теплових деформацій системи ВПД [7];

$$\varepsilon_{обр} = \Delta 4 + \Delta 5 + \Delta 7 \quad (2.4)$$

де $\Delta 4$ – величина допуску зношування ріжучого інструменту; $\Delta 4 = 0,001$ мм [7];

$\Delta 5$ – величина похибки, що залежить від геометричній неточності виготовлення металорізальних верстатів; $\Delta 5 = 0,002$ мм [7];

$\Delta 6$ – величина похибки, що залежить від деформацій системи ВПД; $\Delta 6 = 0,001$ мм [7];

$\Delta 7$ – величина похибки, що залежить від температурних деформацій системи ВПД; $\Delta 7 = 0,001$ мм [7].

Таким чином, похибка становить:

$$\varepsilon_{\text{обр}} = 0,001 + 0,002 + 0,001 + 0,001 = 0,005 \text{ мм.}$$

Сумарна похибка обробки:

$$\sum_{i=1}^n \varepsilon_i = 0 + 0,004 + 0,002 + 0,005 = 0,011, \text{ мм}$$

За умовами розрахунку пристосування на точність, сума похибок, що виникають в процесі обробки, не повинна перевищувати величину допуску, встановленого на розмір. Виконавчий розмір при фрезеруванні $1,4^{+0,25}$. Величина допуску на розмір обробки становить $T = 0,25$ мм.

Дане пристосування дозволяє витримати заданий розмір з допуском на нього $0,25$ мм.

2.1.3 Розрахунок необхідного зусилля закріплення заготовки і вибір приводу

Сила затиску повинна бути достатньою для уникнення зміщення заготовки під час обробки.

Силу затиску розраховуємо за формулою [8]:

$$W = 2tg(\theta + \beta) \frac{l_1}{l_2} \frac{1}{n} Q \quad (2.5)$$

де Q - необхідне зусилля затиску;

θ, β – кути тертя;

l_1, l_2 - довжини плечей важеля;

η - коефіцієнт корисної дії $\eta = 0,9 \dots 0,95$.

$$W = 2 \, tg \, (8 + 32) \frac{102}{41} \frac{1}{0,9} 316 \approx 1661 \, кН$$

Діаметр гідроциліндра розраховуємо за формулою [8]:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi p \eta}} \quad (2.6)$$

де p – (0,85...0,95) ККД, враховує втрати в гідроциліндрі;

ρ – 0,2 ... 0,6 МПа, тиск стисненої рідини.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1661}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,85}} = 63 \, \text{мм}$$

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для перевірки биття (рис. 2.2). Воно складається з плити, на якій встановлена стійка з індикаторним годинником.

формулою [7]:

$$\varepsilon_{\text{вим}} = \varepsilon_{\text{иу}} + \varepsilon_{\text{ип}} + \varepsilon_{\text{им}} + \sqrt{(\varepsilon_{\text{нб}}^2 + \varepsilon_{\text{з}}^2 + \varepsilon_{\text{ис}}^2 + \varepsilon_{\text{зп}}^2 + \varepsilon_{\text{см}}^2 + \varepsilon_{\text{інш}}^2)} \quad (2.7)$$

де $\varepsilon_{\text{иу}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і неточності їх розташування на корпусі КВП при його складанні,

$\varepsilon_{\text{ип}}^{\circ}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення передавальних елементів важелів, штифтів, стрижнів;

$\varepsilon_{\text{им}}$ – системна похибка, яка є причиною неточності виготовлення встановлюваних елементів і еталонних деталей;

$\varepsilon_{\text{нб}}^{\circ}$ – похибка, яка є причиною несуміщення вимірювальної та технологічної баз;

$\varepsilon_{\text{з}}^{\circ}$ – похибка, яка з'являється в результаті закріплення вимірювальної деталі внаслідок її можливої деформації;

$\varepsilon_{\text{ис}}^{\circ}$ – похибка, яка залежить від вимірювальної сили і з'являється в результаті зсуву вимірювальної бази від початкового положення в процесі виміру;

$\varepsilon_{\text{зп}}^{\circ}$ – похибка, що виникає внаслідок виникання зазорів між осями важелів передавальних пристроїв при їх наявності;

$\varepsilon_{\text{см}}$ – похибка використовуваної ціни вимірів;

$\varepsilon_{\text{інш}}^{\circ}$ – інші похибки, викликані дією випадкових чинників в процесі контролю.

Визначаємо складові сумарної похибки виміру, які можна виключити з розрахункової формули у зв'язку з особливостями конструкції пристосування і використовуваної схеми вимірювання.

Похибка виготовлення встановлюваних елементів пристосування не впливає на процес виміру, тому складова $\varepsilon_{\text{иу}}$ виключається [7].

Пристосування служить для контролю биття однієї поверхні відносно іншої, тобто має місце суміщення вимірювальної та конструкторської баз, тому складову $\varepsilon_{\text{нб}}$ також можна виключити [7].

Очевидно, що при контролі не відбудеться зміщення вимірювальної бази деталі від заданого положення під дією вимірювальних сил, так як контролер підтискає деталь до настановних поверхонь. Тому складова $\varepsilon_{ис}$ виключається.

У конструкції пристосування відсутні затискні елементи, передавальні елементи, і не використовуються еталони, отже виключаємо похибки $\varepsilon_{им}$, $\varepsilon_{з}$, $\varepsilon_{ип}$.

Кінцевою приймаємо таку розрахункову формулу:

$$\varepsilon_{вим} = \sqrt{(\varepsilon_{зп}^2 + \varepsilon_{см}^2 + \varepsilon_{інш}^2)} \quad (2.8)$$

Засобом виміру в даному пристосуванні індикатор годинникового типу 1МІГ з ціною поділки 0,001 мм і діапазоном вимірювання 0-1мм. [7, таблиця 3.3, стр.148] похибка засобу вимірювання $\varepsilon_{си}=0,0037$ мм.

Інші похибки визначаємо як частину допуску неконтролюемого параметру

$$\begin{aligned} \varepsilon_{інш} &= 0,06 \cdot 0,05 = 0,003 \text{ мм}; \\ \varepsilon_{вим} &= \sqrt{(0,0037^2 + 0,003^2)} = 0,0047 \text{ мм} \end{aligned}$$

Отримали:

$$\begin{aligned} \varepsilon_{вим} &\leq [\varepsilon_{вим}] \\ 0,0047 &\leq 0,005 \end{aligned}$$

Умова виконується.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

АВТОМАТИЗОВАНІ ТРАНСПОРТНО-СЛАДСЬКІ СИСТЕМИ

Автоматизована транспортно-складська система (АТСС) - система взаємопов'язаних автоматизованих транспортних і складських пристроїв для укладання, зберігання, тимчасового накопичення та доставки предметів праці, технологічного оснащення. АТСС повинна забезпечувати виконання таких основних функцій [9]:

- прийом, зберігання, облік і видача об'єктів;
- транспортування об'єктів до позицій завантаження-розвантаження, обробки, контролю, накопичувачів або складів.

До складу АТСС входять: автоматичні склади, накопичувачі, поворотні і підйомні столи, перевантажувачі, транспортно-складська тара, транспортні засоби, пристрої контролю та управління [9].

3.1 Характеристика автоматичних складів

Склади на промисловому підприємстві відіграють важливу роль у виробничому процесі, вони підтримують або задають ритм виробництва. Від рівня технічної оснащеності і організації робіт на складах залежать організованість, загальний ритм і ефективність виробничого процесу.

Автоматизована складська система призначена для виконання наступних функцій [9]:

- прийом з внутрізаводського або внутрішньоцехового транспорту сировини, матеріалів, заготовок, інструменту, порожньої тари та їх тимчасове складування;

- видача зазначених вантажів по заздалегідь передбаченому графіком або на підставі команд;
- прийом від транспортної системи готових виробів, відходів виробництва, браку та їх тимчасове зберігання;
- видача на внутрізаводський або внутрішньоцеховий транспорт зазначених вантажів.

Функціональними елементами автоматичних складів є стелажі, штабелери, транспортно-складська тара (піддони для заготівок і деталей, касети для інструментальних комплектів і т.п.), пристрої для перевантаження тари з штабелера на накопичувач, підлогові накопичувачі, пристрої для передачі тари з накопичувачів на транспортну систему або в зворотному напрямку. Автоматичну роботу складу забезпечує система управління, побудована на основі ЕОМ [9].

Залежно від конструктивних особливостей і технічної оснащеності склади розрізняють за типами стелажів і штабелерів, місткості, типам і параметрам складської тари, виконуваних виробничих функцій, рівнем і технічних засобів автоматизації [9].

Найбільшого поширення набули стелажні склади з автоматичними кранами-штабелерами (рис. 3.1). Такі склади в багатьох випадках виявляються найбільш універсальним і ефективним типом складу різного призначення: для накопичення запасів заготівок, зберігання пристосувань та інструментів, готових виробів, відходів виробництва і т.д. Стелажні склади з автоматичними кранами-штабелерами рекомендується застосовувати при великих запасах зберігання. Склади з мостовими кранами-штабелерами використовуються для більших вантажів і менших вантажопотоків [9].

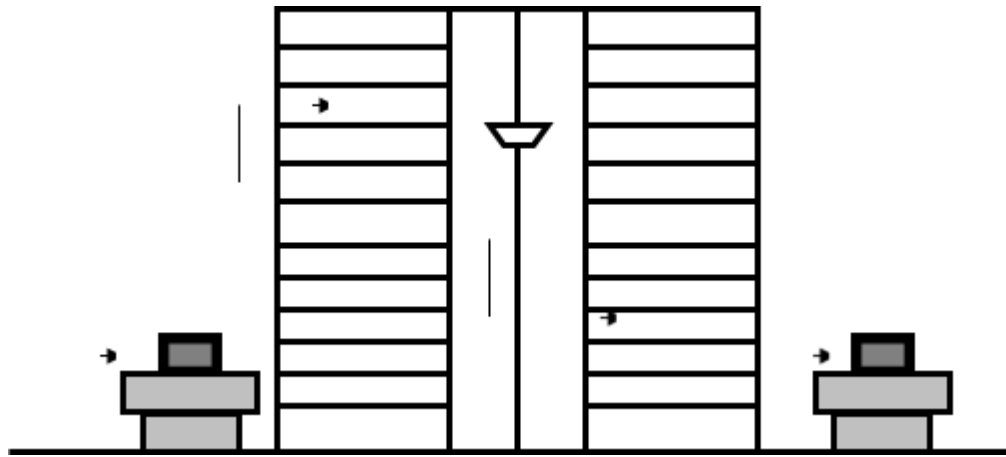


Рисунок 3.1 – Стелажні склади з краном-штабелером

Компонування стелажних складів з двома кранами-штабелерами (рис. 3.2) застосовують рідше через ускладнення системи управління, що забезпечує безаварійну роботу механізмів. Однак перевагою компонування складу з двома кранами-штабелерами є виключення простоїв верстатів при виході з ладу одного крана-штабелера. В цьому випадку система продовжує роботу при деякому зниженні продуктивності [9].

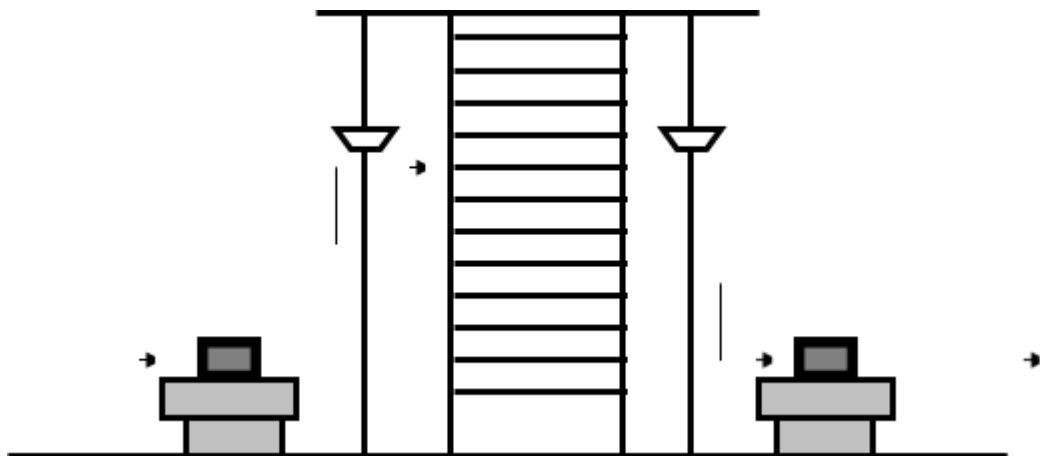


Рисунок 3.2 – Стелажний склад з двома кранами-штабелерами

Підвісні автоматичні склади (рис. 3.3) використовуються, коли у вигляді транспорту застосовується підвісний штовхаючий конвеєр з автоматичним адресуванням вантажів [9].

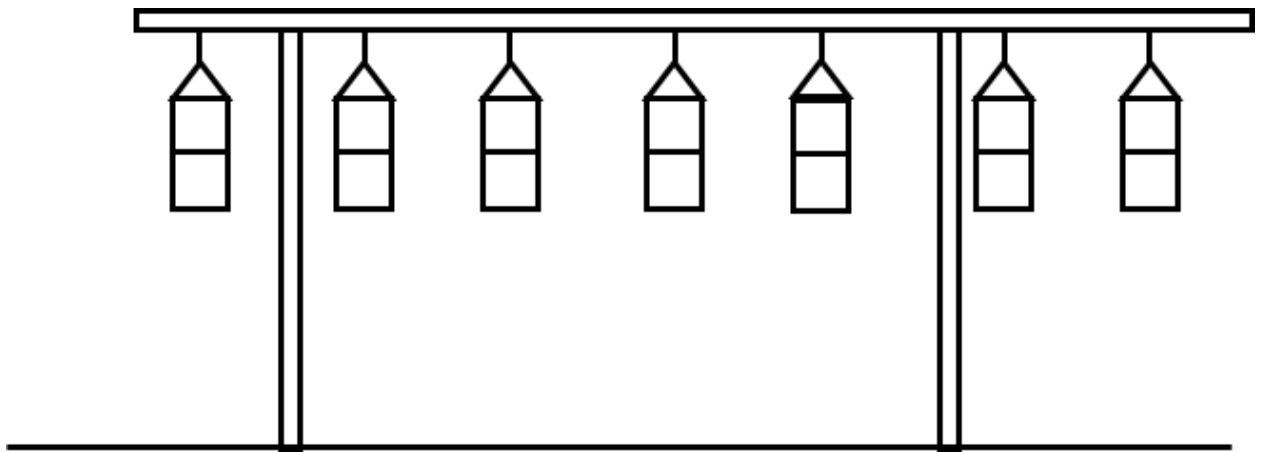


Рисунок 3.3 – Підвісний склад

Елеваторні автоматичні склади (рис. 3.4) доцільно застосовувати при невеликих запасах зберігання, невеликих розмірах вантажів, особливо в тих випадках, коли немає можливості розмістити на ділянці стелажний склад [9].

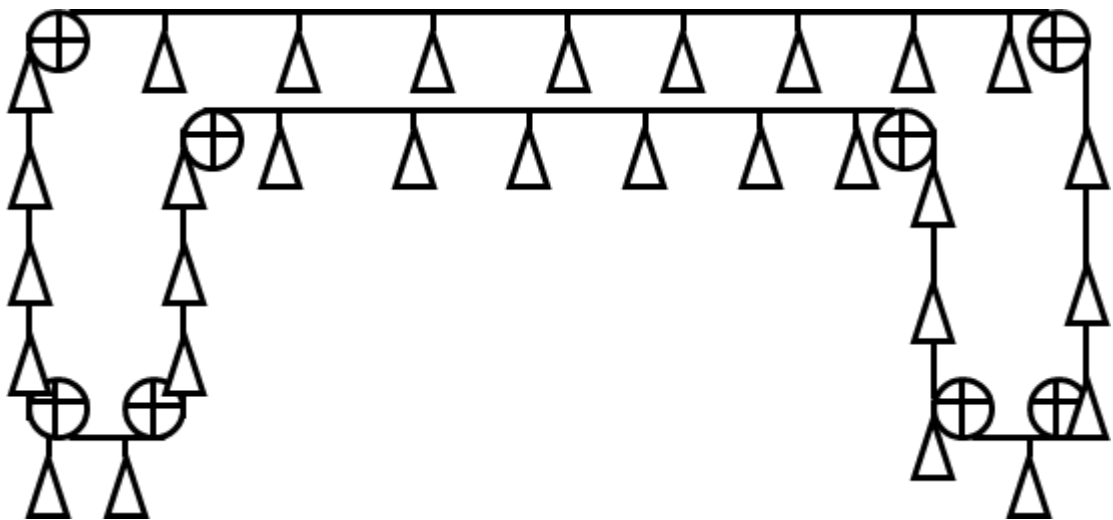


Рисунок 3.4 – Елеваторний склад

3.2 Характеристика транспортних засобів АТСС

Транспортна система служить для переміщення заготовок, виробів, технологічного оснащення. Основними операціями, реалізованими транспортною системою, є: переміщення заготівок, деталей і напівфабрикатів

відповідно до технологічних маршрутів їх виготовлення, подача об'єктів виробництва на робочу позицію технологічного обладнання [9].

Транспортна схема повинна забезпечувати: мінімальне число переустановлень вантажів, автоматизацію всіх етапів процесу транспортування, максимальне суміщення часу транспортних операцій з часом обробки, використання ефективних транспортних засобів, застосування однотипних засобів транспортування.

При побудові АТСС можна виділити два варіанти: з суміщеними і розділними транспортної та складської підсистемами. У першому варіанті транспортування і складування об'єктів виконується одним і тим же пристроєм - краном – штабелером [9].

Схема з розділними підсистемами складування і транспортування (рис. 3.5) працює наступним чином: з стележного складу 1 краном-штабелером 2 заготовки передаються на перевантажувальний стіл 3, звідки вони транспортним візком 4 подаються до накопичувачів 5 верстатів 6. Після обробки вироби транспортуються на перевантажувальний стіл 7 для контролю, передачі на інші операції або назад на склад.

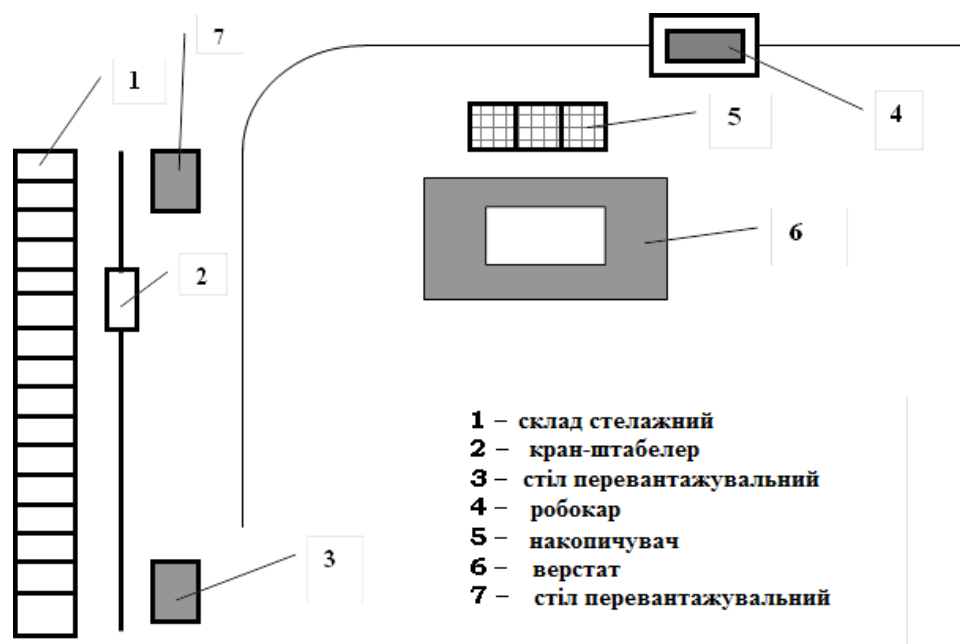


Рисунок 3.5 – Схема АТСС з розділними підсистемами складування і транспортування

Транспортні схеми можуть мати лінійну або замкнуту компоновку. При лінійному компонуванні в якості транспортних засобів використовуються машини циклічної дії: крани-штабелери, транспортні маніпулятори і роботи, рейкові і безрейкові візки. Замкнені системи виконують на базі транспортних засобів безперервної дії конвеєрного типу [9].

Міжопераційне транспортування за допомогою крана-штабелера є найпростішим і дешевим. Кран-штабелер 4 (рис. 3.6) переміщається уздовж фронту верстатів 1 і обслуговує як верстати, так і стеляжний склад 3. За командою від системи управління штабелер забирає з осередку складу заготовку і переміщує її на автоматичний завантажувальний пристрій 2 верстата. Готові деталі штабелер забирає з завантажувального пристрою і переносить їх у вільні комірки стелажа. В цьому випадку не потрібно спеціальної транспортної системи для обслуговування верстатів, тому що ці функції виконує кран-штабелер [9]. Таким чином, варіант поєднаної транспортно-складської системи є найбільш простим.

Компонування систем може бути різною: з одним стеляжем і одним штабелером, розташованим з одного боку; з двома стеляжами і одним краном-штабелером, розташованим між ними і т.п.

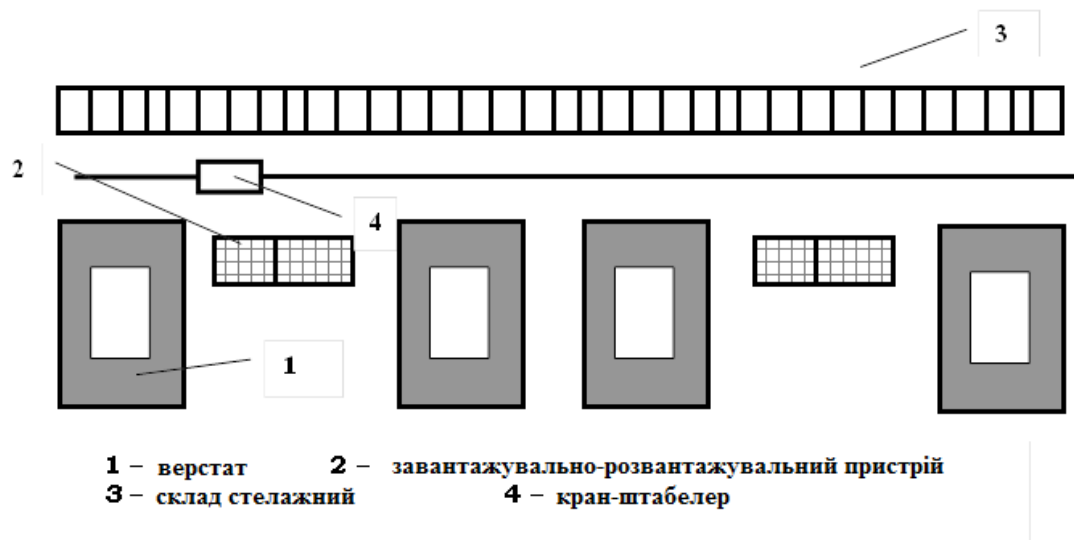


Рисунок 3.6 – Схема АТСС з краном - штабелером

Рейкові візки (рис. 3.7) вимагають значних витрат при створенні транспортних шляхів, однак має ряд переваг: практично не обмежується вантажопідйомність візків, забезпечується автономність функціонування і висока надійність [9].

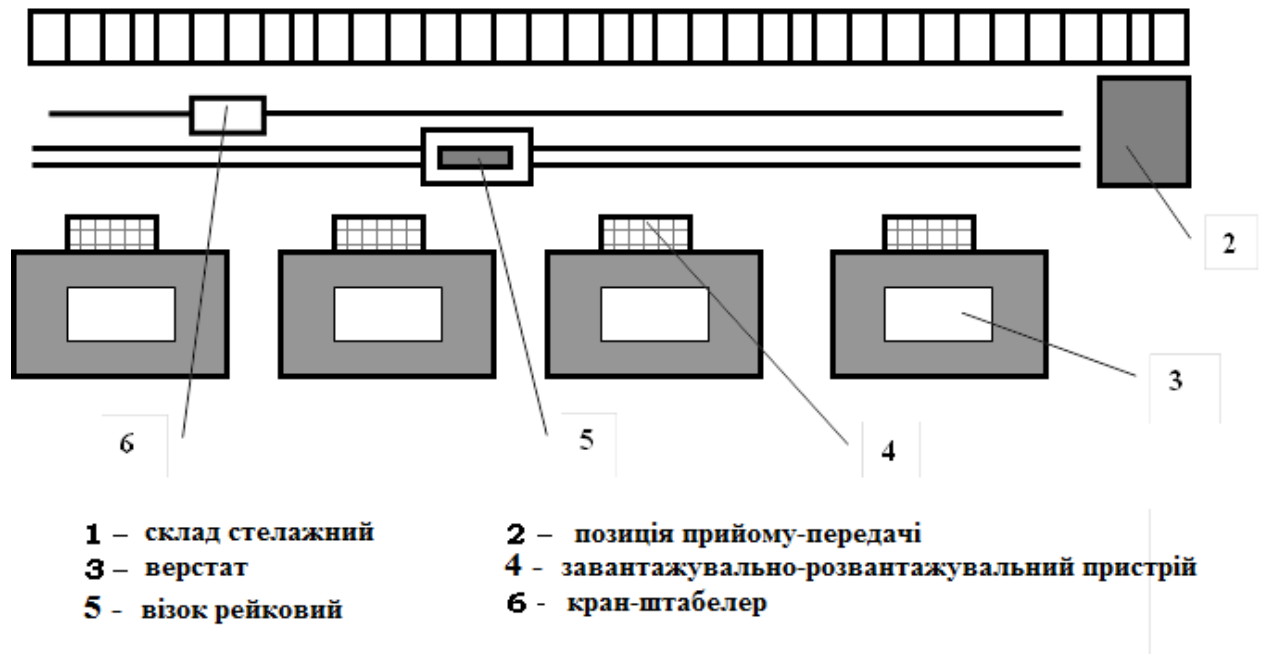


Рисунок 3.7 – Схема АТСС з рейковим транспортом

Транспортні промислові роботи можна вважати різновидом попереднього виду транспорту. Вони виконують операції по транспортуванню виробів, їх накопичення, обслуговування складського обладнання, завантаженні - розвантаження верстатів. Транспортні роботи діляться на підлогові, вертикального переміщення, підвісні. Переваги транспортних роботів - малі габарити, великий діапазон регулювання продуктивності, автономність роботи. Найбільше застосування знайшли підвісні транспортні роботи (рис.3,8), основна перевага яких - економія виробничих площ [10].

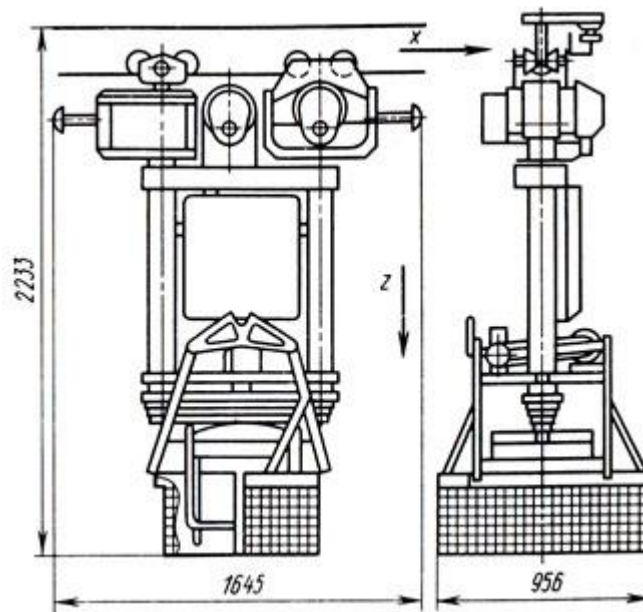


Рисунок 3.8 - Підвісний транспортний робот ТРТ-250-1

Конвеєри призначені для безперервного транспортування вантажів і являють собою прості і дешеві засоби автоматизованого виробництва, додатково виконують функції складування і проміжного накопичення заготовок і деталей. Основні типи конвеєрів: стрічкові, скребкові, вібраційні, пластинчасті, гвинтові, елеваторні, підвісні, роликові, візкові. Конвеєрні системи мають високу пропускну здатність, забезпечують більш щільне розташування обладнання і не пред'являють особливих вимог до підлог цехів. Основною сферою застосування конвеєрів є гнучкі автоматизовані лінії великосерійного виробництва. На рисунку 3.9 зображено схему монорельсової підвісної конвеєрної системи типу AZT [10].

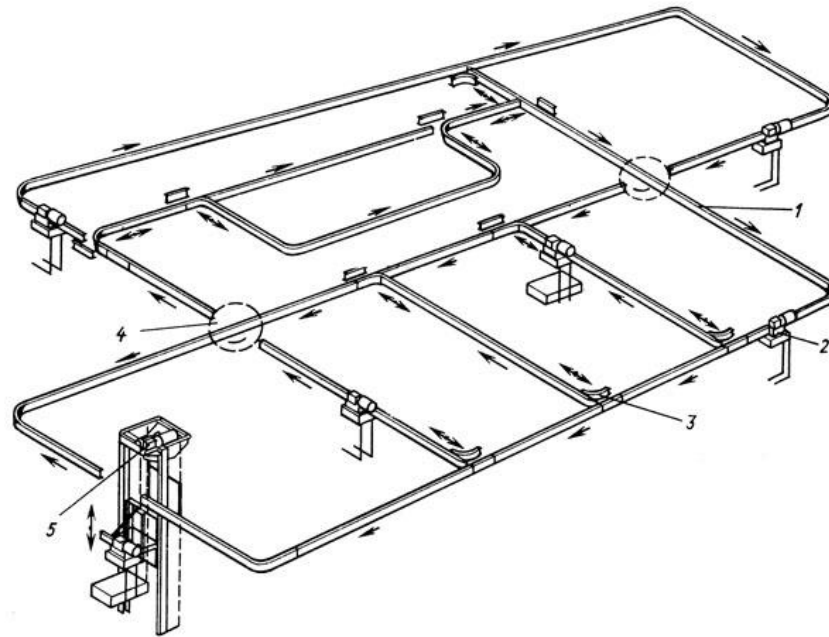


Рисунок 3.9 - Схема монорельсової підвісної конвеєрної системи типу AZT

Безрейкові візки (робокари) (рис.3.10) переміщуються безпосередньо по підлозі цеху, оснащуються пристроями для прийому і передачі супутників з деталями, мають електронне управління. У порівнянні з іншим транспортом вони мають такі переваги: малі габаритні розміри, великий діапазон швидкостей переміщень, автономність роботи, можливість використання траси для інших видів транспорту, легкість переадресування транспортних потоків [10].

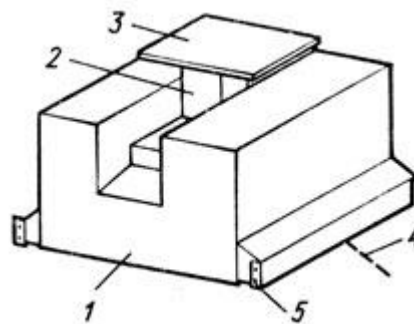


Рисунок 3.10 - Робокар фірми Telegejn Flexomatic: 1 - корпус робокара; 2 - підйомник; 3 - піддон з виробами; 4 - кабель; 5 - пристрій блокування

На практиці в основному використовуються:

- електромагнітне (індукційне) управління, при якому маршрут руху візка задається кабелем, що прокладається в пазах підлоги цеху, через який пропускається струм (5 ... 32 кГц). Магнітне поле індукує напругу в прийомних котушках; сигнал неузгодженості подається на електропривод рульового управління. В іншому різновиді розмітку маршруту проводять фарбою, що містить феромагнітний порошок. По обидва боки візка встановлюються магнітні датчики, які вимірюють величину відхилення від прокладеного маршруту [10];

- оптичне (фотоелектричне) управління, при якому маршрут руху визначається металевою стрічкою (фольгою) з високою світловідбиваючою здатністю. У нижній частині візка змонтовані освітлювач і світлоприймач; за інтенсивністю відбитого світлового потоку можна судити про стан візка на маршруті [10];

- системи автономної навігації, в яких позиційні дані вимірюються безперервно або з достатньою частотою. Дані обробляються бортовим комп'ютером, в пам'яті якого закладена карта маршруту;

- системи технічного зору мають велику кількість різновидів, на практиці найбільш часто використовуються [10]:

а) лазерні скануючі системи з ретрорефлектором, які встановлюються під стелею приміщення і використовуються в якості еталонних точок маршруту. Лазерний сканер, оснащений обертовим пристроєм, розміщується на візку. Вимірювання кутів відхилення лазерного променя дозволяє визначити як величину відхилення візка від заданого маршруту, так і його точне положення на маршруті;

б) системи розпізнавання смугових кодів, які наносяться на підлогу приміщення уздовж маршруту візка через кожні кілька метрів. На візку розташовані телекамери, зображення з яких обробляються бортовим комп'ютером;

в) системи з використанням точкового маркування, в яких в якості маркерів використовуються скляні кулі в пластмасовому корпусі. Бортовий

комп'ютер виділяє на зображенні, сформованому телекамерою, ці кулі, обробляє інформацію і управляє поворотним пристроєм візки [10].

Таким чином, різноманітність компонувальних рішень АТСС визначається, в першу чергу, реалізацією транспортних потоків і може бути зведена до чотирьох типів:

Тип І - АТСС з краном-штабелером і суміщеними підсистемами складування і транспортування;

Тип 2 - АТСС з рейковим транспортом (різновид - транспортні ПР) і роздільними підсистемами складування і транспортування;

Тип 3 - АТСС з робокаром і роздільними підсистемами складування і транспортування;

Тип 4 - АТСС з конвеєрами, підсистеми складування і транспортування можуть існувати як в суміщеному, так і в роздільному варіантах [10].

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Розрахунок напружено– деформованого стану виконуємо у програмі NX ADVANTAGE SIMULATION. Виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів та фіксуємо за всіма шістьма ступенями волі по 10 отворам Ø10 (рис.4.1). Діє крутний момент 10 Н·м. Результати виконаних навантажень зображено на рисунках 4.2-4.4.

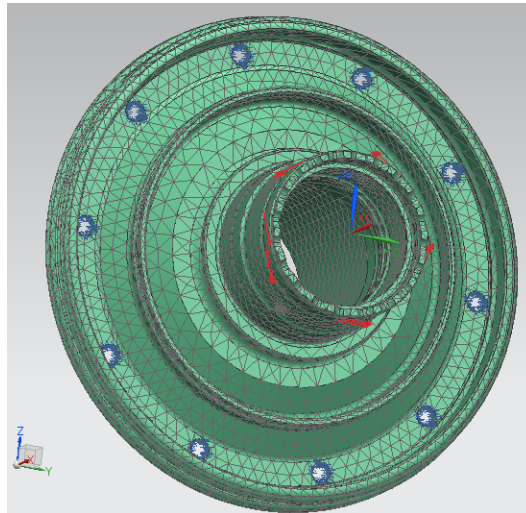


Рисунок 4.1 - Модель деталі з визначеними зонами фіксації та напружень

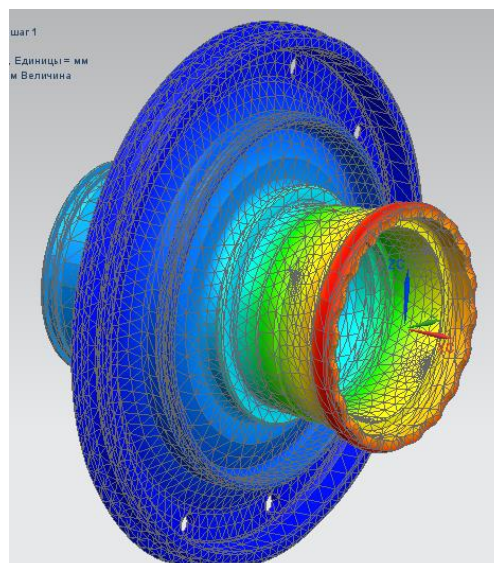


Рисунок 4.2 - Модель напруженої деталі за переміщенням по вузлах

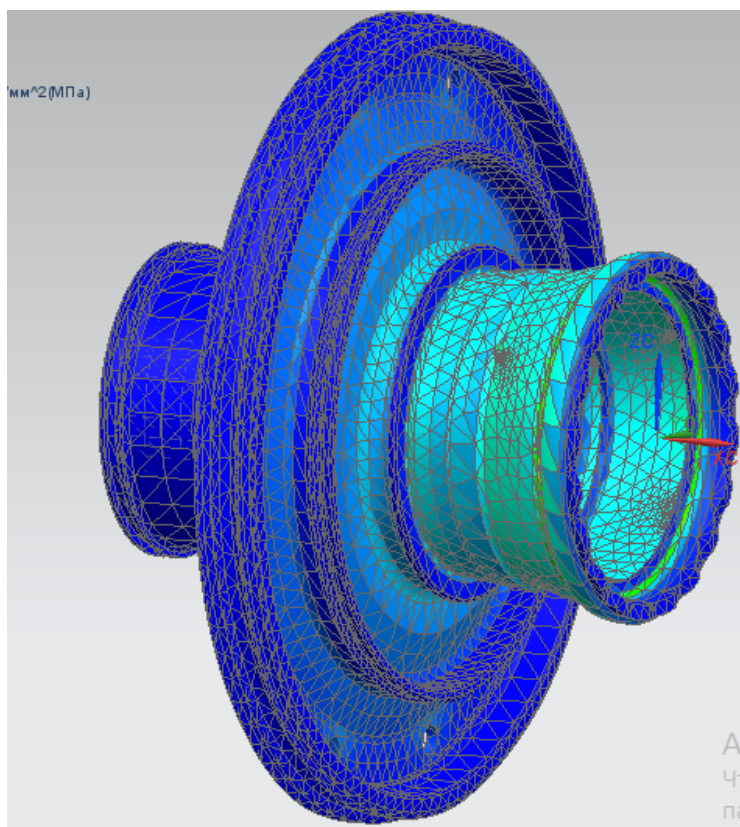


Рисунок 4.3 - Модель напруженої за елементами та вузлами деталі

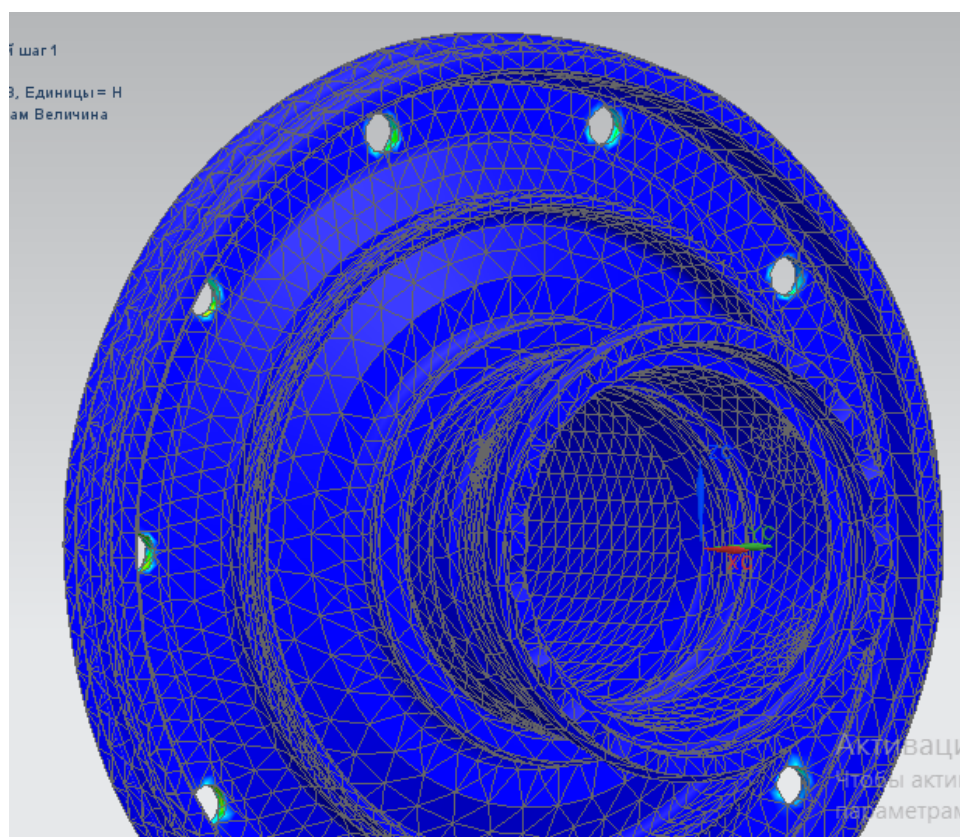


Рисунок 4.4 - Модель деталі з відображення сили реакції по вузлах

Враховуючі усі особливості конструкції деталі вихідна міцність матеріалу становитиме $\sigma_{кр} = 1.254$ МПа.

Також необхідно визначити значення допустимого навантаження згідно формули (4.1):

$$[\sigma] = \frac{\sigma_{кр}}{[n_{\sigma}]}, \text{ МПа} \quad (4.1)$$

де $\sigma_{кр}$ – критичний запас міцності, МПа;

n_{σ} – коефіцієнт запасу за напруженням, $n_{\sigma} = 2 \dots 5$.

$$[\sigma] = \frac{1.254}{2} = 0,627 \text{ МПа}$$

За допомогою графіку (рис. 4.5) проводимо визначення допустимого прикладеного навантаження.

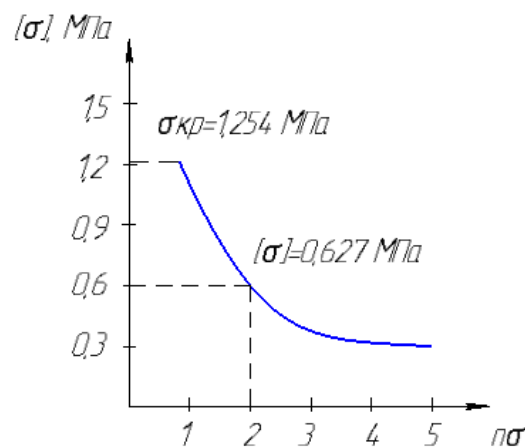


Рисунок 4.5 - Графік залежності коефіцієнту запасу від допустимого навантаження

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкцій

Для визначення коли виникне більш критичне навантаження змінювали розмір отворів $\varnothing 10$, за якими було закріплено деталь. Так проведемо порівняння, яке виникне навантаження, коли отвори виконують з діаметром 11.

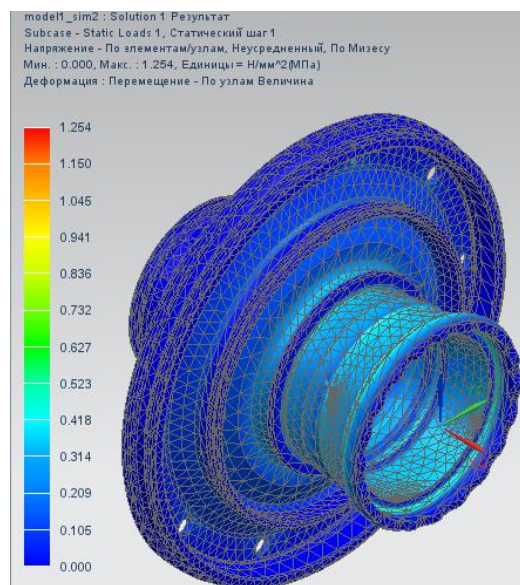


Рисунок 4.6 – Деформований стан деталі з діаметром отворів $\varnothing 10$ мм

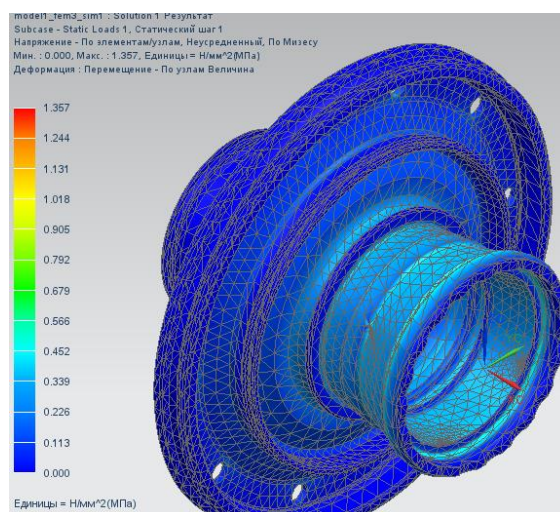


Рисунок 4.7 - Деформований стан деталі з діаметром отворів $\varnothing 11$ мм

Отримали, що при збільшенні розміру отвору навантаження зростає (рис.4.7), а при зменшенні – спадає (рис.4.6). Тобто можливо зробити висновок, що при зміні розмірів отворів у більшу сторону руйнування деталі наступить швидше.

4.3 Оптимізація геометрії деталі

Топологічна оптимізація - це підхід до оптимізації конструкції, шукає оптимальний розподіл матеріалу в заданій області для заданих навантажень і граничних умов. Застосування топологічної оптимізації на етапі проектування допомагає знайти варіант дизайну конструкції з найбільш раціональним розподілом матеріалу і пустот в обсязі, таким чином помітно знизити його масу [17].

Найчастіше топологічну оптимізацію застосовують на етапах проектування і рідко результат використовують для серійного виробництва через складність форм деталей. Серед галузей, в яких алгоритм ТО є найбільш затребуваним, слід виділити аерокосмічну галузь, де проблема зменшення маси конструкції з збереженням її несучих властивостей є найбільш значущою [17].

Найбільша концентрація напружень спостерігається в радіусах сполучень та отворах. Рекомендація заходів щодо оптимізації геометрії деталі: підвищити значення радіусів, якщо це не буде заважати експлуатаційним функціям деталі [17].

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

МЕТОДИ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ДЕТАЛИ

5.1 Методи контролю деталей

Визначення технічного стану обладнання, його складальних одиниць і окремих деталей з виявленням несправностей називається дефектації (дефектовка, вибраковуванням). Залежно від конструктивних особливостей обладнання і окремих деталей вибирають той чи інший спосіб дефектації [11].

Стан деталей і сполучень можна визначити оглядом, перевіркою на дотик, за допомогою вимірювального інструментів та іншими методами.

В процесі огляду виявляють руйнування деталі (тріщини, викришування поверхонь, злами), наявність відкладень (накип, нагар), витікання води, масла, палива. Перевіркою на дотик визначають знос і змінання виступів різьби на деталях в результаті попереднього затягування, еластичність сальників, наявність задирів, подряпин та ін. Відхилення сполучень від заданого зазору або натягу деталей від заданого розміру, від площинності, форми, профілю і т. д. визначають за допомогою вимірювальних інструментів [11].

Візуальний контроль і вимірювання деталей не дозволяють виявляти досить малі або розташовані під поверхнею приховані дефекти, але їх можна виявити методами неруйнівного контролю (дефектоскопії).

Сьогодні під неруйнівними контролем найчастіше розуміють аналіз надійності та інших властивостей і основних робочих характеристик всього об'єкта або окремих його елементів (ділянок), не пов'язаний з виведенням цього об'єкта з роботи або його демонтажем. Іншими словами, мова йде про перевірку виробу без будь-якого його руйнування. В цьому його головна відмінність від контролю руйнівного типу [11].

5.2 Методи неруйнівного контролю

Неруйнівний контроль деталей останнім часом повсюдно поширений у виробництві машин. При виборі методу контролю слід виходити з того факту, що універсального методу не існує, а отже, і можливості методів обмежені пошуком певних за характером і місцем положення дефектів. Знання характеру зношування, що впливає на можливе розташування або вид дефекту, а також достатня різноманітність способів контролю дозволяють зробити правильний вибір. На рис. 5.1 приведена схема найбільш перспективних методів дефектоскопії [11].

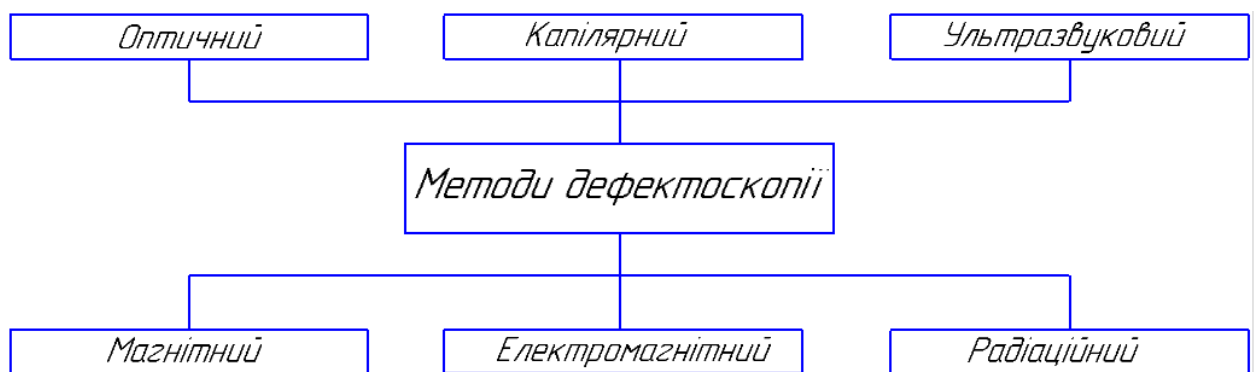


Рисунок 5.1 - Методи дефектоскопії

5.2.1 Оптичний метод

Оптичний метод дозволяє без розбирання конструкції контролювати стан поверхонь деталей в закритих і важкодоступних місцях. Метод заснований на круговому або бічному огляді контрольованої зони при автономному освітленні і збільшенні зображення від 0,5 до 150. Прилади для контролю, звані ендоскопами (рис.5.2), передають зображення на відстані до 7 м [11]. Ендоскопи складаються з корпусу, в якому розміщені освітлювач,

екран для захисту від засвічення, призмове або дзеркальне насадку, оптична система, окуляр і відхиляючі призми. Для огляду деталі призначено вікно в корпусі. Ендоскопи дозволяють виявляти в деталях з внутрішнім діаметром 5-100 мм і більше подряпини, тріщини, корозійні пошкодження та інші дефекти розмірами до 0,03 0,08 мм [11].

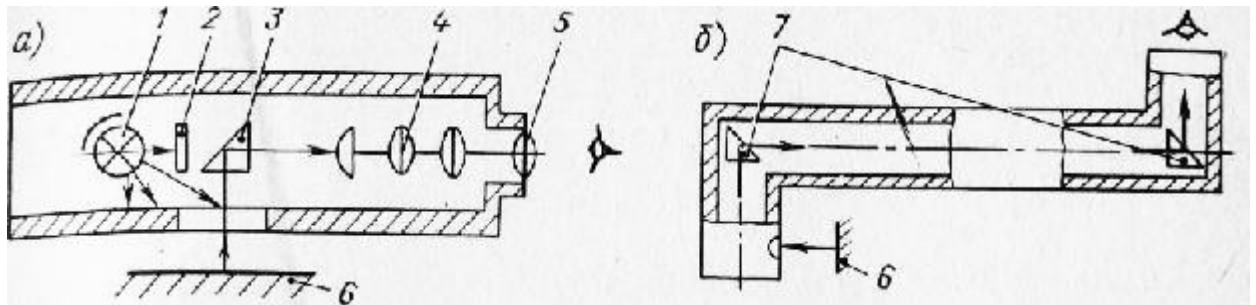


Рисунок 5.2 - Схеми ендоскопів (а - прямолінійний, б - колінчастий)

5.2.2 Капілярний метод

Капілярний метод заснований на капілярному проникненні рідини в тріщини і контрасті застосовуваних матеріалів. Метод дозволяє виявляти відкриті тріщини зварювального, термічного, шліфувального, усталостного та іншого походження з розміром розкриття більше 0,001 мм, глибиною h - 0,01 мм і довжиною L - 0,1 мм (рис.5.3), а також пористість та інші подібні дефекти [11].

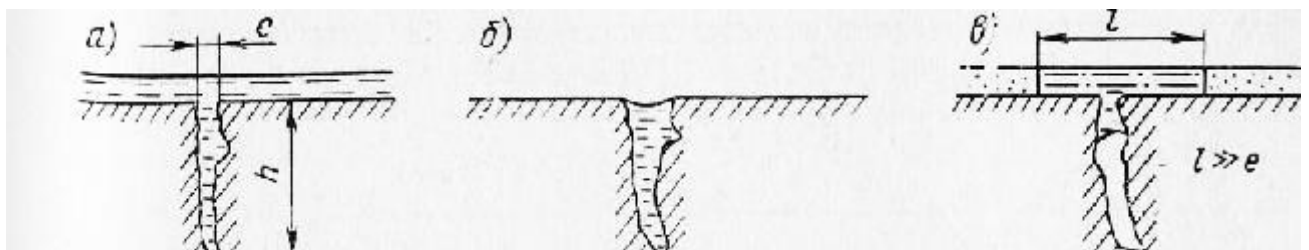


Рисунок 5.3 - Схема капілярного методу

Метод полягає в наступному: на поверхню деталі наносять індикаторну рідину, яка під дією капілярних сил заповнює наявні на поверхні порожнини. Поверхню ретельно протирають і покривають сумішшю, яка виявляє. Індикаторна рідина з порожнини дефекту адсорбується в суміш, утворюючи індикаторний слід, що по ширині значно перевищує розкриті тріщини. Контрастність зображення сліду забезпечується завдяки яскравості кольору індикаторної рідини (кольоровий метод) або її здатності люмінісцировать при опроміненні ультрафіолетовими променями (люмінісцентний метод). Технологія контролю включає підготовку поверхні (очищення, знежирення), нанесення індикаторного і суміші, що виявляє і огляд деталі [11].

При огляді поверхні аналізують малюнок слідів, що утворився, ідентифікуючи їх видову приналежність. Так, тріщини будь-якого походження проявляються у вигляді чітких суцільних або переривчастих ліній різної конфігурації (рис. 5.4, а); розтріскування матеріалу - у вигляді групи окремих коротких ліній або сітки (рис. 5.4, б, в); пори, викришування, пошкодження - у вигляді окремих точок або зірочок [11].



Рисунок 5.4 - Характер дефектів при капілярному методі контролю

Найбільш складно при аналізі відрізнити справжні дефекти від уявних - рисок, зім'ятих задирок, сколів окисної плівки. Для цих цілей використовують додаткові ознаки, такі, як місце розташування малюнка, напрямок ліній малюнка відносно осі деталі і діючих навантажень, конфігурація і розгалуження ліній, схожість малюнка з іншими ділянками поверхні, відмінними за діючими навантаженнями [11].

5.2.3 Магнітний метод

Магнітний метод заснований на реєстрації магнітних полів розсіювання, що утворюються над дефектами, розташованими на шляху магнітного потоку Φ_m (рис.5.5). Напруженість поля розсіювання залежить від напрямку дефекту в магнітному потоці і його розміщення відносно поверхні. У зв'язку з цим магнітний метод надійно використовувать при виявленні дефектів у виробах з феромагнітних матеріалів, що виходять на поверхню або розташовані на глибині не більше 1 мм [11].

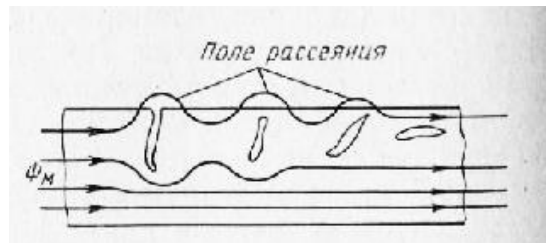


Рисунок 5.5 - Схема утворення магнітного поля розсіювання

Метод є одним з найпростіших і розповсюджених, дозволяє контролювати зварні шви і деталі найрізноманітніших форм і розмірів.

5.2.4 Магнітно-порошковий метод

Найбільше застосування знайшов магнітно-порошковий метод, при якому для візуалізації поля розсіювання намагнічену деталь поливають феромагнітною суспензією. Залізний порошок, що знаходиться в підвішеному стані в суміші гасу, масла і води, осідає на поверхні деталі в місцях виходу поля розсіювання. Причому ширина шару порошку може в десятки разів

перевищувати розмір розкриття тріщини, завдяки чому утворюється добре помітний рельєфний слід дефекту [11].

Деталь перед контролем для забезпечення електричного контакту і зменшення впливу немагнітних покриттів зачищають. Контроль ведуть в доданому магнітному полі (в процесі намагнічування), якщо деталь виготовлена з маломагнітного матеріалу (СТЗ, сталь 10, 20), складної форми, дефекти розташовані глибше 0,01 мм від поверхні або є такою ж товщини як захисне немагнітне покриття (наприклад, хромове). В інших випадках можна використовувати залишкове намагнічування деталі. Останній спосіб більш зручний, оскільки дозволяє розчленувати операції контролю [11].

Для намагнічування (рис. 5.6) деталь поміщають в електромагнітну зону (рис. 5.6, а), в зону соленоїда (рис. 5.6, б), а також циркулярним способом: або ж пропускають струм через всю деталь (рис. 5.6, в) або по окремих її ділянках за допомогою спеціальних притискних електроконтактів (рис. 5.6, г). Після закінчення контролю деталь розмагнічують. Для цього її поміщають в змінне магнітне поле і поступово видаляють з нього або плавно до нуля зменшують напруженість магнітного поля [11].

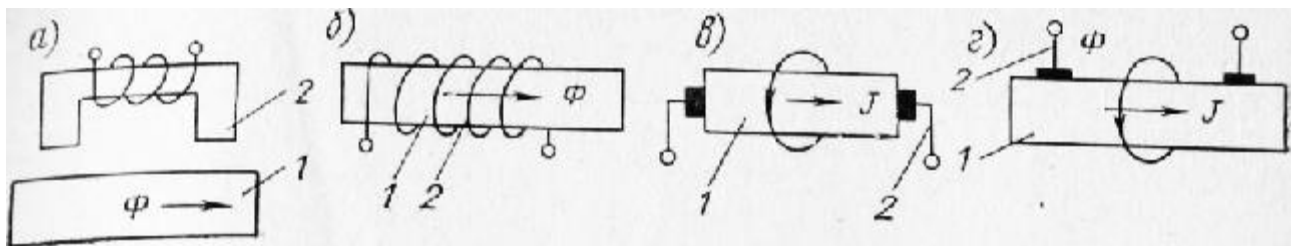


Рисунок 5.6 - Схеми намагнічування при магнітно-порошковому методі: 1 - контрольована деталь; 2 – пристрій, який намагнічує

Після осідання порошку деталь оглядають. Всі види дефектів виявляються у вигляді чітких розгалужених суцільних або переривчастих ліній. Однак слід мати на увазі, що можна виявити і уявні дефекти, так як поле розсіювання може утворюватися при зіткненні намагніченою деталі з

іншим феромагнітним предметом, в місцях різкого звуження перетину деталі, по межах зварних швів і в ряді інших випадків [11].

5.2.5 Електромагнітний метод

Електромагнітний метод заснований на використанні і вимірі характеристик вихрових струмів, порушуваних на поверхні деталі при наближенні до неї (при переміщенні уздовж) датчика-котушки індуктивності. Залежно від розміру зближення, швидкості переміщення і ряду інших факторів використовується різна взаємодія магнітних полів датчика і вихрових струмів. Результат цієї взаємодії лежить в основі визначення фізико-механічних властивостей і хімічного складу матеріалу, якості термообробки, а також товщини хромових, лакофарбових, керамічних, пластмасових та інших видів покриттів, що не проводять ток [11].

Визначати товщини покриттів, що наносяться знову або залишаються в результаті зношування, в силу своєї простоти можна широко в експлуатаційних умовах. Контроль полягає в налаштуванні товщиноміра на нижню і верхню межі виміру за наявними в комплекті еталонним пластинками і вимірі за шкалою приладу невідомої товщини покриття після установки датчика на поверхню, що контролюється. Вибір необхідного типу товщиноміра залежить від діапазону вимірюваних товщин в межах 0,003-10 мм з похибкою для більшості з них $\pm 2\%$ вимірюваного значення [11].

5.2.6 Радіаційний метод

Радіаційний метод заснований на властивості жорсткого у-випромінювання проходити через матеріали різної щільності, в тому числі через алюміній і сталь. Значення ослаблення випромінювання, а отже і ступінь потемніння знаходиться за деталлю на шляху променів рентгенівської плівки залежать від товщини матеріалу. Пори, раковини, тріщини і т. п. зменшують її і виявляються на плівці у вигляді більш засвічених (темних) точок, плям або ліній. Залежно від джерела у-випромінювання розрізняють рентгенівський метод і у-контроль [11].

Основним елементом рентгенівської установки є рентгенівська трубка, схема якої приведена на рис. 5.7. У скляній колбі поміщені електроди: катод і анод, на які від трансформатора подається напруга понад 100 кВ. На катод, крім того, від понижувального трансформатора подається напруга 4-12 В для забезпечення розжарення нитки спіралі до $3000-3500^{\circ}\text{C}$. При цьому за рахунок термоелектронної емісії з неї вилітають електрони, які під дією електричного потенціалу на електродах через пристрій, що фокусує і калібрує, рухаються з великою швидкістю до анода. Зіткнення з анодом призводить до їх поглинання і випускання у-променів, що вузьким пучком виходять через спеціальне вікно. У зв'язку з великим нагріванням анода передбачена спеціальна система охолодження [11].

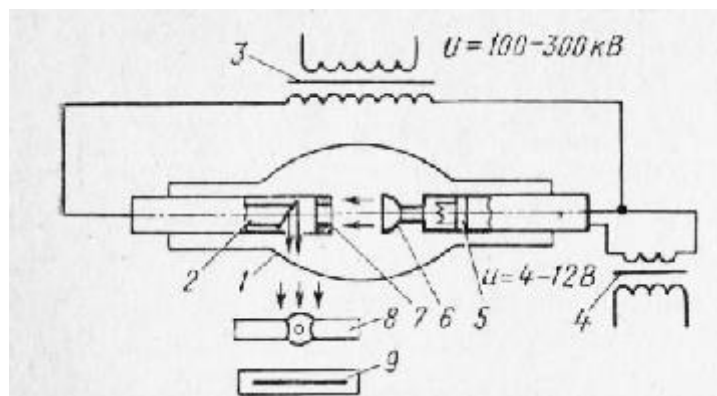


Рисунок 5.7 - Схема рентгенівського методу контролю

Контрольовану сталеву деталь 8 товщиною до 120-160 мм встановлюють на шляху потоку випромінювання, а за нею - металеву касету з рентгенівською плівкою. Час експонування в залежності від потужності випромінювання і товщини деталі становить від декількох хвилин до 1 год. Рентгенівські установки бувають стаціонарними або пересувними [11].

Установки контролю - у-дефектоскопи - виготовляють переносними. Вони мобільні, значно (в 5-10 разів) легше рентгенівських, зручні в роботі і дозволяють контролювати сталеві літали товщиною до 200 мм. Дефектоскоп (рис. 5.8) складається з захисного сталевого корпусу, свинцевою оболонки, радіоізо-тупни джерела випромінювання і затвора, що перекриває в неробочому положенні дефектоскопа канал виходу променів. Основними характеристиками джерела випромінювання є його активність і період напіврозпаду, що визначає час, протягом якого число радіоактивних атомів зменшиться в 2 рази. З більш ніж 60 ізотопів, що випускаються промисловістю, для цілей контролю використовують кобальт-60, цезій-137, іридій-192 і деякі інші [11].

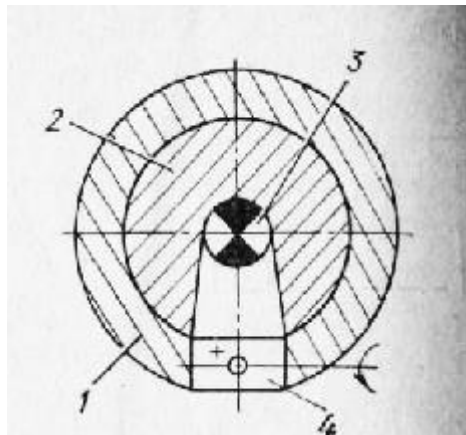


Рисунок 5.8 - Схема дефектоскопа

Оскільки у-дефектоскопи потенційно завжди небезпечні, їх зберігають в бетонованих гніздах в закритих і опечатаних приміщеннях. Перезарядку дефектоскопів виконують фахівці.

Особливу увагу слід звертати на заходи безпеки при радіаційному контролі, обов'язково захищати зону роботи і виставляти на час контролю чергових або проводити контроль в спеціальних приміщеннях [11].

5.2.7 Ультразвуковий метод

Ультразвуковий контроль є обов'язковою процедурою при виготовленні і експлуатації багатьох відповідальних виробів, таких як частини авіаційних двигунів, трубопроводи атомних реакторів або залізничні рейки [12].

У порівнянні з іншими методами неруйнівного контролю ультразвуковий метод володіє важливими перевагами [12]:

- висока чутливість до найбільш небезпечних дефектів типу тріщин і не проварів;
- низька вартість;
- безпека для людини (на відміну від рентгенівської дефектоскопії);
- можливість вести контроль безпосередньо на робочих місцях без порушення технологічного процесу;
- при проведенні УЗК досліджуваний об'єкт не пошкоджується;
- можливість проводити контроль виробів з різноманітних матеріалів, як металів, так і неметалів.

Акустичний (ультразвуковий) метод заснований на здатності звукових хвиль відбиватися від кордонів щільності матеріалу. Падаючи на поверхню деталі, хвиля Ф частково відбивається від її поверхні, частково поширюється всередину матеріалу (рис. 5.9). При цьому кількість відбитої енергії тим більше, чим вище різниця між акустичними опорами I і II середовищ. Якщо I середовище - повітря, а II - метал, відіб'ється вся підведена енергія [12].

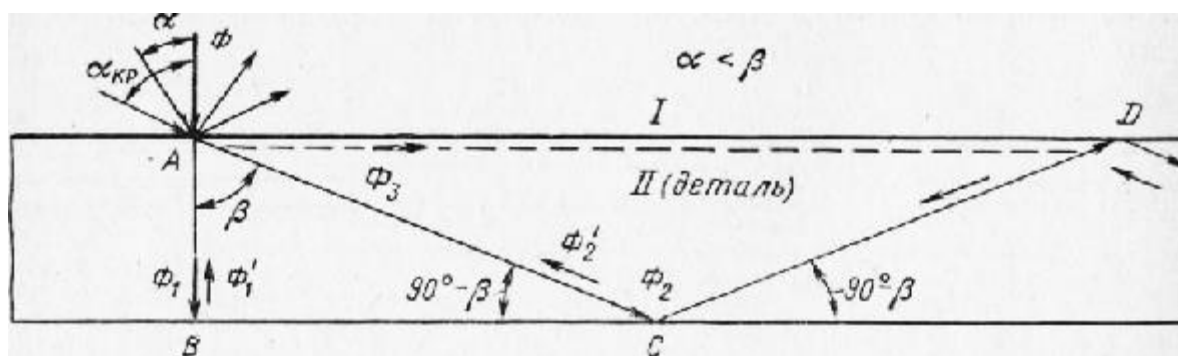


Рисунок 5.9 - Схема акустичного методу

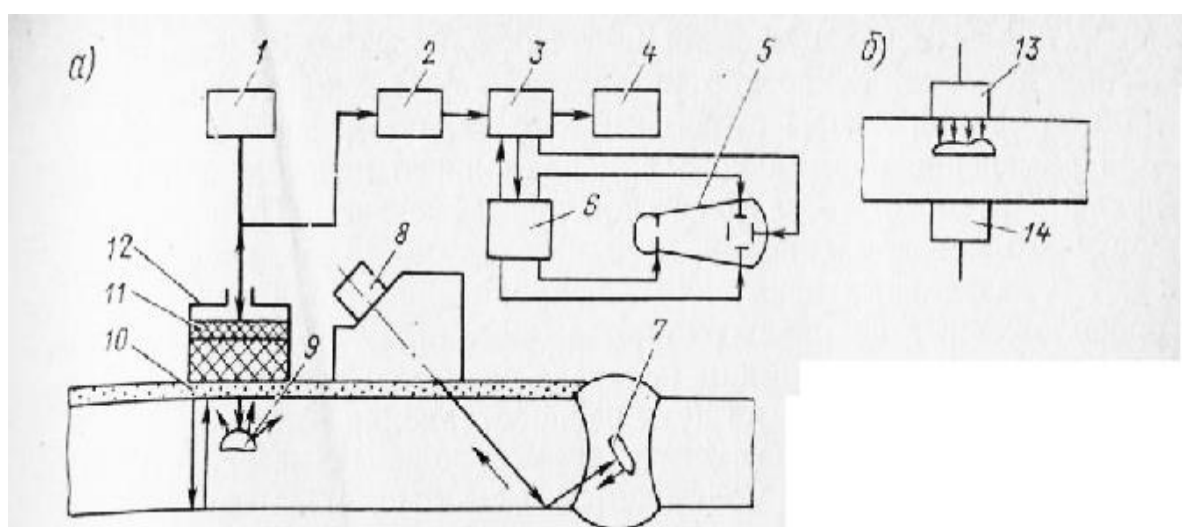


Рисунок 5.10 - Блок-схема ультразвукового дефектоскопа

Застосування нормального або похилого шукача залежить від передбачуваного місця розташування дефекту. Пошук дефекту ведуть методом відлуння або тіншовим, коли використовують 2 роздільних шукача - випромінюючий і приймальний, розташованих на різних сторонах деталі. У цьому випадку відсутність сигналу на приймальному шукачі свідчить про наявність перешкоди (дефекту) на шляху поширення хвилі. Для визначення протяжності дефекту переміщують шукач по поверхні деталі. На рисунку 5.10 зображена блок-схема ультразвукового дефектоскопа [12].

Різноманіття завдань, що виникають при необхідності проведення неруйнівного контролю різних виробів, призвело до розробки і використання ряду різних акустичних методів контролю. Акустичні методи контролю діляться на 2 великі групи: ті, що використовують випромінювання і прийом

акустичних коливань і хвиль (активні методи), і ті, що засновані тільки на прийомі коливань і хвиль (пасивні методи) [12].

Таблиця 5.1 – Ультразвукові методи контролю

Методи	Опис
Методи проходження	Виявляють глибинні дефекти типу порушення цілісності, розшарування.
Методи відображення	Виявляють дефекти типу порушення цілісності, визначає їх координати, розміри, орієнтацію шляхом проникання і прийому відбитого від дефекту ехо-сигналу.
Імпедансний метод	Призначений для контролю клейових, зварних і паяних з'єднань, що мають тонку обшивку, приклеєну або припаяну до елементів жорсткості.
Методи вільних коливань	Застосовуються для виявлення глибинних дефектів.
Методи вимушених коливань (резонансні)	Застосовуються в основному для вимірювання товщини виробу і для виявлення зони корозійного ураження, розшарувань в тонких місцях з металів.
Акустико-емісійний метод	Виявляє і реєструє тільки тріщини, що розвиваються або здатні до розвитку під дією механічного навантаження (кваліфікує дефекти за ступенем їх небезпеки під час експлуатації).

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

У даному розділі будемо проводити оцінку економічної ефективності свердлильної операції (оп. №055).

Вихідними даними для розрахунків будуть:

- річна програма випуску – $N = 5000$ шт.;
- такт випуску продукції – $\tau = 45,7$ хв;
- матеріал деталі – сплав ХН73МБТЮ – ВД;
- модель верстата: S_1 -радіально-свердлильний 2А53; S_2 -вертикальний обробний центр з ЧПК моделі MCV-720;
- потужність верстата: $S_1 - N_1 = 4,32$ кВт; $S_2 - N_2 = 5,5$ кВт;

Визначення економічного ефекту проводимо за формулою (6.1) [13]:

$$\mathcal{E} = (C_1 \cdot N + E_1 \cdot \mathcal{C}_1 \cdot n_1) - (C_2 \cdot N + E_2 \cdot \mathcal{C}_2 \cdot n_2) \quad (6.1)$$

де n – число одиниць оюладнання, шт.;

N – річна програма випуску виробу;

$\mathcal{C}$ – ціна одного верстата: $\mathcal{C}_1 = 39000$ грн.; $\mathcal{C}_2 = 56000$ грн;

E – нормативний коефіцієнт ефективності, $E_{1,2} = 0,15$;

C – технологічна собівартість обробки однієї заготовки, розраховуємо за формулою (6.2) [13]:

$$C = (Z_p + Z_n + \mathcal{E} + \mathcal{P} + \mathcal{I} + A + O + P) \cdot t_{\text{шт.-к}} \quad (6.2)$$

де Z_p – заробітна плата основного робочого, грн.;

Z_n – заробітна плата наладчика, грн.;

$\mathcal{E}$ – витрати на електроенергію, грн.;

$\mathcal{P}$ – витрати на пристосування, грн.;

$\mathcal{I}$ – витрати на ріжучий інструмент, грн.;

A – витрати на амортизацію обладнання, грн.;

О – витрати на обслуговування, грн.;

Р – витрати на ремонт обладнання, грн.

Приймаємо розряд робіт 3, згідно цього розряду розраховуємо заробітну плату основних робочих по формулі (6.3) [13]:

$$З_p = З_T + \frac{\eta}{100} = З_T \cdot K_H \quad (6.3)$$

де $З_T$ – тарифна заробітна плата робочого, $З_T = 0,912$ грн;

K_H – коефіцієнт перевиконання норми.

$$З_p = 0,912 \cdot 1,2 = 1,094 \text{ грн/хв}$$

Наладчик для свердлильної групи верстатів матиме 6 розряд, згідно розряду, за формулою (6.3) розраховуємо його заробітну плату:

$$З_H = 1,414 \cdot 1,2 = 1,697 \text{ грн/хв.}$$

Проводимо розрахунок витрат на електроенергію, за обома варіантами, по формулі (6.4) [13]:

$$\Xi = \frac{\sum N \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot C}{60} \quad (6.4)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність електродвигунів верстата, кВт;

K_1, K_2 – коефіцієнти, які враховують використання електродвигунів за потужністю та часом: $K_1 = 0,7$; $K_2 = 0,7$;

C – вартість 1 кВт·а електроенергії, $C = 170,489$ коп./кВт·а.

$$\Xi_1 = \frac{4,32 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 170,489}{60} = 4,177 \text{ грн}$$

$$\Xi_2 = \frac{5,5 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 170,489}{60} = 6,961 \text{ грн}$$

Витрати на амортизацію обладнання розраховуємо за формулою (6.5) [13]:

$$A = \frac{A_i \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.5)$$

де A_i – нарахування на амортизацію, які розраховуються за формулою (6.6):

$$A_i = \frac{\alpha_1 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.6)$$

де α_1 – процентне відрахування від балансної вартості обладнання, $\alpha_1 = 15\%$.

$$A_{i1} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 39000}{100} = 6727 \text{ грн}$$

$$A_{i2} = \frac{15 \cdot 1,15 \cdot 56000}{100} = 9660 \text{ грн}$$

За формулою (6.5) розраховуємо амортизацію обладнання [13]:

$$A_1 = \frac{6727 \cdot 100}{4000 \cdot 60} = 2,8 \text{ грн}$$

$$A_2 = \frac{9660 \cdot 100}{4000 \cdot 60} = 4 \text{ грн}$$

Витрати на обслуговування обладнання визначаємо згідно формули (6.7) [13]:

$$O = \frac{O_i \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.7)$$

де O_i – нарахування на амортизацію, які розраховуються за формулою (6.8):

$$O_i = \frac{\alpha_2 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.8)$$

де α_2 – процентне відрахування від балансної вартості обладнання, $\alpha_2 = 0,5\%$.

$$O_{i1} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 39000}{100} = 224,25 \text{ грн}$$

$$O_{i2} = \frac{0,5 \cdot 1,15 \cdot 56000}{100} = 322 \text{ грн}$$

За формулою (6.7) розраховуємо витрати на обслуговування обладнання:

$$O_1 = \frac{224,25 \cdot 100}{4000 \cdot 60} = 0,09 \text{ грн}$$

$$O_2 = \frac{322 \cdot 100}{4000 \cdot 60} = 0,13 \text{ грн}$$

Розраховуємо витрати на ремонт обладнання за формулою (6.9) [13]:

$$P = \frac{P_i \cdot 100}{F_d \cdot 60} \quad (6.9)$$

де P_i – нарахування на амортизацію, які розраховуються за формулою (6.10):

$$P_i = \frac{\alpha_3 \cdot 1,15 \cdot Ц}{100} \quad (6.10)$$

де α_3 – процентне відрахування від балансної вартості обладнання, $\alpha_3 = 4,5\%$.

$$P_{i1} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 39000}{100} = 2018,25 \text{ грн}$$

$$P_{i2} = \frac{4,5 \cdot 1,15 \cdot 56000}{100} = 2898 \text{ грн}$$

За формулою (6.9) розраховуємо витрати на обслуговування обладнання [13]:

$$P_1 = \frac{2018,25 \cdot 100}{40000 \cdot 60} = 0,84 \text{ грн}$$

$$P_2 = \frac{2898 \cdot 100}{40000 \cdot 60} = 1,2 \text{ грн}$$

Витрати на інструмент розраховуються за формулою (6.11) [13]:

$$I_i = I_1 + I_2 + \dots + I_n \quad (6.11)$$

де I_i – витрати на інструмент у відповідному переході, грн.

$$I = 0,258 \text{ грн}$$

Відповідно до числа деталей які обробляють визначаємо витрати на спеціальне пристосування:

$$n_1=1 \text{ шт звідки } P_1=0,0018 \text{ грн;}$$

$$n_2=1 \text{ шт звідки } P_2=0,0018 \text{ грн.}$$

Відповідно до проведених розрахунків, визначаємо за формулою (6.2) технологічну собівартість обробки однієї заготовки:

$$C1 = (1,094 + 1,697 + 4,177 + 0,0018 + 0,84 + 0,258 + 0,09 + 2,8) \times \\ \times 22,13 = 242,5 \text{ грн}$$

$$C2 = (1,094 + 1,697 + 6,961 + 0,0018 + 0,13 + 0,258 + 4 + 1,2) \times \\ \times 13,55 = 207,2 \text{ грн}$$

Проводимо розрахунок необхідної кількості верстатів згідно ТП виходячи з відсотку завантаженості на операції, за формулою (6.12) [13]:

$$\eta = \frac{t_{\text{шт.-к}}}{\tau} \quad (6.12)$$

$$\eta_1 = \frac{22,13}{45,7} = 0,48$$

$$\eta_2 = \frac{13,55}{45,7} = 0,29$$

Згідно розрахунку приймаємо кількість верстатів – $n_{1,2} = 1$ верстат.

За формулою (6.1) визначаємо економічну ефективність:

$$\begin{aligned} \Xi = & (242,5 \cdot 5000 + 0,15 \cdot 39000 \cdot 1) - (207,2 \cdot 5000 + \\ & + 0,15 \cdot 56000 \cdot 1) = 173950 \text{ грн} \end{aligned}$$

Проаналізувавши результати розрахунків можливо зробити висновок, що свердлильну операцію економічно вигідніше виконувати на вертикальному обробному центрі з ЧПК моделі MCV-720.

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської роботи був розроблений ТП виготовлення деталі «Цапфа задня».

Вихідними даними для проектування ТП слугували:

- креслення деталі;
- розмір річної партії виготовлення деталі.

З урахуванням характеристик матеріалу деталі (сплав ХН73МБТЮ – ВД) було обрано способом отримання заготовки – штамповка. Проведено порівняння двох методів отримання заготовки штамповка на КГШП та на ГKM. Економічно вигіднішим вийшло використання для отримання заготовок штаповка на КГШП.

Було спроектовано МОП та розраховані припуски для зовнішньої та внутрішньої поверхні.

Були розраховані режими різання та технічні норми часу на чотири механічні операції. При використанні одного з модулів програми NX 12 були розроблені керуючі програми на три операції та проведено аналіз деталі на міцність.

Зменшення часу та вірогідності помилки через «людський фактор» було спроектовано спеціальне гідравлічне пристосування для фрезерування 20-ти вибірок.

Задля автоматизації виробництва були розглянуті автоматизованні транспортно-складські системи.

Було розраховано економічну ефективність від застосування на свердлильній операції вертикального обробного центру з ЧПК моделі MCV-720 замість радіально-свердлильного 2A53, яка склала – 173950 грн.

У частині «Спецзавдання» було піднято та розглянуто тему: «Методи неруйнівного контролю деталей».

Розроблено альбом технологічної документації на виготовлення задньої цапфи.

Розглянули основні положення для забезпечення безпеки під час виконання даного технологічного процесу та потенційні небезпеки при роботі з обладнанням.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценко, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.

2. Руденко П.О. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин. / П.О. Руденко, В.М. Плескач, Ю.О. Харламов / Підручник, за ред. Доц. В.М. Плескача. – Дніпропетровськ: Наука і Освіта, 1999. – 254 с.

3. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.

5. Баранчиков В.И. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов, 1990.-400с.

6. Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А Шкред. – Минск : Выш. школа, 1983. – 256 с.

7. Е.М. Левинсон. Контрольно-измерительные приспособления в машиностроении / Е.М. Левинсон. – М.: Государственное научно-техническое изд-во машиностроительной литературы, 1952. -82 с.

8. Методические указания к практическим работам из дисциплины «Технологическая оснастка» для всех форм обучения. / Сост.: П.А. Каморкин. – Запорожье: ЗНТУ, 2011. – 82 с.

9. Електроний ресурс: <https://studizba.com/lectures/129-inzhenerija/1835-gibkie-proizvodstvennye-sistemy/35995-4-klassifikacija-i-vybor-struktury-atss.html>

10. Електроний ресурс: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z00000017//st012.shtml>.

11. Електроний ресурс: <http://stroy-technics.ru/article/metody-defektoskopii-detalei>.

12. Електроний ресурс: <https://www.ntcexpert.ru/85-acenter/953-metody-nerazrushayushchego-kontrolya>.

13. Методичні вказівки з оформлення технологічної документації в курсових проектах та магістерських роботах для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» всіх форм навчання / укл. В.О. Логомінов. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2017. – 70 с.

14. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.

15. Ципак В.І. Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні процесів механічної обробки / В.І. Ципак. – Запоріжжя : ЗДТУ, 1996. – 91 с.

16. Електроний ресурс: <https://ru.wikipedia.org/wiki/NX>.

17. Електроний ресурс: <https://blog.iqb.ru/geometry-topology-optimization>.

18. Електроний ресурс: <http://www.lasmet.ru/steel/mark.php?s=166>.

Додаток А

Формат Знак Лист		Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
			Документация		
А4		НУЗП 293252.012 СБ	Сборочный чертеж		
			Сборочные единицы		
1			Гидравлический цилиндр	1	
			Детали		
2			Корпус	1	
3			Крышка	1	
4			Шток	1	
5			Плита	1	
6			Рычаг	2	
7			Лапка	2	
8			Шарнир	6	
			Стандартные изделия		
11			Болт М6-6g × 60.58 ГОСТ 7798-70	3	
9			Болт М10-6g × 60.58 ГОСТ 7798-70	3	
12			Вит А 2 М10 × 1,25-6g × 255835X01 ГОСТ Р 11738-84	1	
10			Шпилька М12х1,5-6g ГОСТ 22024-76	1	
		НУЗП 293252.012 СБ			
Изм. Лист		№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Федченко			
Пров.		Пухальська			
Н.контр.		Ганчар			
Утв.		Дядя			
Приспособления для фрезерования 20 вибірок				Лист	Листов
				1	2
г.р. Мз-119м					

Копіював

Формат А4

Додаток Б

[illegible]

[illegible]

Додаток В

Аналіз потенційних небезпек

Під час технологічного процесу виготовлення деталей на механічній дільниці ймовірними є наступні потенційні небезпеки [B1]:

1. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нераціонального планування та організації робочого місця; внаслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам людини;

б) захащення заготовками і деталями робочого місця при незбалансованості технологічного процесу та роботи обладнання;

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

д) падіння заготовок та деталей, що були недостатньо надійно закріплені на верстаті, може привести до травмування фахівців.

2. Можливість ураження електричним струмом внаслідок несправності електрообладнання, незнання, або порушення правил електробезпеки, що може призвести до електричних травм або летального наслідку [B2].

3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей частками пилю або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів, при порушенні технологічного процесу.

4. Можливе попадання змащувально-охолоджувальної рідини в очі в процесі виконання робіт при відсутності захисних пристроїв (екранів) і роботі без захисних окулярів або щитків.

5. Несприятливий вплив повітряного ультразвуку може призвести до зниження слуху і розладів з боку вестибулярного апарату.

6. При роботі без спеціального одягу несприятливий вплив контактного ультразвуку можуть викликати серйозні локальні порушення в

м'яких тканинах: запальну реакцію, геморагії, а при високій інтенсивності - некроз.

7. Нервово-психічні навантаження в наслідок специфіки виконуваних робіт, що призводить до захворювань загального характеру.

8. Постійний вплив на органи дихання, шкіряні покрови та слизові оболонки токсичних та дратуючих речовин, що присутні у складі змащувально-охолоджуючої рідини, може призвести до алергічних реакцій у працюючих.

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

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

11. Можливість загорянь внаслідок порушень правил пожежної безпеки, що може призвести до пожеж.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

В1. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях» в магістерських дипломних роботах (проектах) зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Технологія машинобудування»; 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою (спеціалізація) «Металорізальні верстати та системи; 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» за освітньою програмою (спеціалізація) «Авіаційні двигуни та енергетичні установки», «Технології виробництва авіаційних двигунів та енергетичних установок» / Укл. : В.І. Шмирко – Запоріжжя: Каф. ОП і НС. НУ «Запорізька політехніка», 2019. – 32 с.

В2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.- М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми:Університетська книга, 2011. 557 с.

Додаток Г

Заходи по забезпеченню техніки безпеки

На нашій дільниці обладнання відповідає технічному регламенту безпеки машин. Робоче місце оператора розроблено та вироблено так, щоб уникнути будь-яких ризиків, пов'язаних з викидами газів та/або браком кисню. Системи керування машинами розроблено і вироблено таким чином, щоб запобігати виникненню небезпечних ситуацій.

Машини з метою забезпечення керування ними обладнані необхідними пристроями індикації. Оператору забезпечена можливість розпізнавання їх з місця керування. Всі складові частини машини та їх механічні з'єднання здатні витримувати навантаження, яким вони піддаються під час застосування. Для запобігання небезпекам від випадання або викидання предметів із машини вжиті застережні заходи. Машини розроблені та вироблені із запобіганням або обмеженням накопичення потенційно небезпечних електростатичних зарядів та обладнані системою їх розрядження.

Згідно ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору» блокувальні рухомі огорожі застосовано на верстатах. Блокувальні рухомі огорожі з'єднані з блокувальним пристроєм та запобігають запуску небезпечних функцій машини, поки вони не переведені в стан “зачинено”; подають команди на зупинку кожного разу, коли вони виводяться із стану “зачинено” [Г1].

Згідно ДСТУ EN 418-2003 «Безпечність машин. Пристрої аварійної зупинки. Функціонування і принципи проектування» усі верстати оснащені кнопкою аварійної зупинки [Г2].

Одним із методів усунення чи зниження ризиків, пов'язаних із роботою машини, є використання безпечних відстаней для запобігання можливості досягання небезпечних зон руками згідно ДСТУ EN 294-2001

«Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання можливості досягнення небезпечних зон руками». Висота захисної конструкції становить 1300 мм, а висота небезпечної зони становить 2300 мм. Відповідно до таблиці 1 з ДСТУ EN 294-2001 «Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання можливості досягнення небезпечних зон руками» відстань по горизонталі до захисної конструкції від небезпечної зони повинна бути не менша ніж 600 мм [Г3].

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час роботи на верстатах та іншому обладнанні 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» [Г4].

Робітники повинні дотримуватися правил безпеки при роботі згідно НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила по безпеці праці при обробці металів різанням». Для уникнення травм внаслідок руйнування інструменту необхідно працювати тільки з огороженим інструментом. При проведенні розрахунків на міцність огорож, необхідно враховувати ймовірність вильоту та удару об огорожу заготовок і ріжучого інструменту. Перед початком роботи потрібно перевірити справність обладнання, гальмівних пристроїв на холостому ходу, а також перевірити на справність та наявність дефектів ріжучий інструмент та засоби для закріплення деталей для уникнення ймовірності їх вильоту внаслідок недостатнього закріплення. Не допускати при роботі на верстатах різних змін режимів різання для того, щоб уникнути можливості руйнування інструменту або порушення закріплення деталі [Г5].

Для захисту від можливих порізів, опіків та травм необхідно надати робітнику засоби індивідуального захисту (спеціальний одяг, спеціальне взуття, засоби захисту рук, очей) згідно НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення

про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту» [Г6].

Засоби колективного захисту передбачені згідно ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація» такі як: огороження, знаки безпеки та сигналізація. Рухомі частини обладнання необхідно виділяти іншим кольором, ніж основний колір обладнання. Кольорове оздоблення елементів обладнання повинно відповідати кольорам безпеки (червоний - сигнал про небезпеку, жовтий і помаранчевий - про можливу небезпеку, зелений - про наявність умов безпеки) [Г7].

Розташування обладнання з точки зору безпеки та ергономіки відповідає вимогам ДСТУ 7234:2011 «Дизайн и ергономика. Оборудование производственное. Общие требования дизайна и эргономики». Мінімальна відстань від проходу до фронтальної частини верстата повинна становити 1 м, до бокової та тильної сторони 0,5 м. Ширина проходів складає 1,4 -2.5м, зона робітника приймається рівною 0,8 м, ширина проїзду-4.5м.

Робітники повинні утримувати робоче місце в чистоті, не захащувати його деталями, металевими відходами, сміттям. Під час роботи не вживати алкогольні напої, дотримуватися вимог санітарних норм та правил особистої гігієни [Г8].

Для усунення ймовірності ураження електричним струмом в лабораторії з електрообладнанням, що здійснюється від мережі змінного струму напругою 220 В і частотою 50 Гц, відповідно до вимог «ПУЕ-2017», електрообладнання на ділянці характеризується як електроустановки до 1000 В, передбачаються організаційні та технічні заходи [Г9].

До організаційних відносять проведення навчання правилам електробезпеки, перевірка знань та атестація персоналу згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [Г4].

До технічних заходів відноситься захисне заземлення, що передбачається згідно «ПУЕ-2017», величина опору контуру захисного заземлення електрообладнання приміщення у будь-яку пору року не перевищує – 4 Ом [Г9].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Г

Г1. ДСТУ EN ISO 14119:2017 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами. Принципи проектування та вибору».

Г2. ДСТУ EN 418-2003 «Безпечність машин. Пристрої аварійної зупинки. Функціонування і принципи проектування».

Г3. ДСТУ EN 294-2001 «Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання можливості досягнення небезпечних зон руками».

Г4. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці».

Г5. НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила по безпеці праці при обробці металів різанням».

Г6. НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту».

Г7. ДСТУ 7238:2011 «ССБП. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація».

Г8. ДСТУ 7234:2011 «Дизайн и эргономика. Оборудование производственное. Общие требования дизайна и эргономики».

Г9. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

Додаток Д

Забезпечення безпеки персоналу при проведенні ультразвукової
дефектоскопії

Враховуючи, згідно різноманітних досліджень, що ультразвук негативно впливає на нервовий, емоційний стан людини викликає не обґрунтовану підвищену емоційність у деяких осіб: агресивність, відчуття страху і паніки, то засобом забезпечення безпеки під час роботи з ультразвуковим дефектоскопом приділяється особлива увага:

1. Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи дефектоскопістом ультразвукового контролю допускаються особи у віці не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд та не мають медичних протипоказань, які у навчальному закладі отримали професію дефектоскопіста ультразвукового контролю [Д1].

2. До самостійної роботи допускаються дефектоскопісти ультразвукового контролю після отримання вступного та первинного інструктажів, стажування безпосередньо на робочому місці протягом 2-15 змін (залежно від стажу, досвіду і характеру робіт) під керівництвом досвідченого кваліфікованого дефектоскопіста ультразвукового контролю.

3. Ультразвуковий контроль дефектоскопісти здійснюють в лабораторних, цехових і позацехових умовах за допомогою ручних переносних еходефектоскопів типу УДМ-1М, УДМ-3, ДУК-6В, УД-10УА, ДУК-66, ДУ-66П, УД2-12, АД-21Р, АД-40И, ИД-91М, а також у цехових умовах за допомогою автоматизованих установок шляхом сканування поверхні контрольного виробу акустичним перетворювачем і спостереженням за отриманими результатами по екрану електронно-променевої трубки, а також за показниками звукової і світлової сигналізації.

4. Дефектоскопісту не приступати до робіт по виконанню ультразвукового контролю на робочих місцях площею менших 6 м² і не обладнаних:

- робочим столом;
- пристроями для механізованого переміщення виробів;
- переносними сітчастими захисними огороженнями і дерев'яними підніжними решітками;
- джерелом живлення;
- кабелем заземлення;
- комбінованим освітленням з переносним джерелом освітлення напругою 36 В;
- опаленням;
- первинними засобами пожежегасіння типу вуглекислотних вогнегасників ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8.
- вентиляцією і кондиціонуванням повітря, що не викликає посиленого потовиділення або зволоження шкіри;
- гумовим килимком у сухому стані із рифленою верхньою поверхнею.

5. Роботи з неруйнуючого контролю акустичним методом дефектоскопісти повинні виконувати справними, вчасно перевіреними не рідше одного разу на рік встановленому на підприємстві порядку, дефектоскопами, що повинні відповідати вимогам діючих державних стандартів.

6. Дефектоскопісти, що виконують контроль, повинні бути в спецодязі і спецвзутті, виготовлених і виданих відповідно діючих державних стандартів і галузевих норм.

7. Не працювати на обладнанні для контролю, яке не відповідає вимогам державних стандартів; роботи по їх установці, налаштуванню, перевірці, обслуговуванню та експлуатації проводити з дотриманням діючих правил техніки безпеки праці, санітарії і гігієни праці.

8. Дефектоскопісту не працювати на незаземлених чи занулених еходефектоскопах згідно діючих вимог по пристрою електроустановок та їх експлуатації, а також державних стандартів.

9. Дефектоскопісту не працювати в приміщеннях, не захищених від попадання водяної пари, кислот і лугів, здатних викликати корозію елементів еходефектоскопа.

10. Не приступати до роботи на робочих місцях в нічний час не забезпечивши освітленість робочих місць відповідно до вимог санітарних норм до проєктування та експлуатації установок штучного ультрафіолетового освітлення на промислових підприємствах.

11. Не приступати до роботи, якщо звуковий тиск в навушниках перевищує 60-65 дБ на частоті 4 кГц при тривалості впливу не більш 8 годин. Контроль рівня звукового тиску проводити на робочому місці не рідше одного разу на рік у нормованому частотному діапазоні з верхньою граничною частотою, яка була чи дорівнює робочій частоті дефектоскопів; виміру рівня звукового тиску робити в робочій позі дефектоскопіста на відстані 5 см від його вуха при характеристиці вимірювального приладу «ШВИДКО».

12. Контроль на висоті здійснювати із застосуванням випробуваних драбин, підмостків і настилів, що мають огороження і надійно захищають дефектоскопіста від падіння.

13. Для виконання контролю на висоті дефектоскопіст повинен одягати запобіжний пояс, пристебнувши його до швартового троса, а дефектоскопи закріплювати до нерухомих елементів контрольованого виробу, при цьому швартувальний трос постійно натягувати і не ослабляти.

14. Дефектоскопіст повинен проходити медичне обстеження не рідше одного разу на рік.

15. Припустимі рівні ультразвукових коливань у зоні контакту рук оператора з п'єзоелектричними перетворювачами - не більш 0,1 W/см² [Д2].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. Наказ міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій».

Д2. ПП 1.4.72-299-2004. Примірна інструкція з охорони праці для дефектоскопістів ультразвукового контролю.

Додаток Ж

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії і гігієни праці розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МІОУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці») [Ж1].

Метеорологічні умови (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» [Ж2].

На механічній дільниці роботи виконуються стоячи, належать до категорії Пб – 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: 0,1 м/с;
- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентильації в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань, проблем із дихальними шляхами тощо.

В приміщеннях, де немає викидів шкідливих речовин у великій кількості, для забезпечення необхідного повітрообміну в теплий період року, передбачено устрій штучної механічної загально обмінної вентиляції відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [Ж3].

Рівень шуму в робочих кімнатах та лабораторіях не повинен перевищувати 65 дБ згідно вимог ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку», а на механічній дільниці – 80дБ. При організації робочого місця необхідно приймати всі необхідні заходи для зменшення шуму, який впливає на людину на робочих місцях до значень, котрі не перевищують допустимі. Це досягається за рахунок розробки, застосування засобів і методів колективного та індивідуального захисту, використання сучасної техніки з більш меншим виділенням шуму, а також це повинно враховуватись при проектуванні підприємств, будівель та споруд різного призначення [Ж4].

Оцінку впливу рівня вібрацій проводиться за ДСТУ ISO 2631-1:2004«Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину» [Ж5]. Необхідно дотримуватися санітарних норм при роботі з наявністю вібрацій згідно ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій». При роботі, яка супроводжується вібраціями необхідно робити перерву через кожні 10-15 хвилин роботи. Потрібно зменшувати вібрації за рахунок застосувань конструктивних і технологічних методів, застосовувати засоби віброізоляції та вібропоглинання, своєчасно проводити плановий та попереджувальний ремонт обладнання. Потрібно застосовувати заходи лікувально-профілактичного характеру: професійні та профілактичні огляди, вітамінізація, лікувальні гімнастика та масаж рук [Ж6].

При проведенні робіт за металорізальним обладнанням необхідно застосовувати систему комбінованого освітлення. Освітленість при роботі за верстатом в зоні обробки повинна бути не менше 2 000 лк, що досягається за рахунок місцевого освітлення, яке передбачається конструкцією обладнання. Вимоги природного та штучного освітлення в приміщеннях повинні виконуватись згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення». Значення освітленості на поверхні робочого столу в зоні розміщення документів має становити 300-500 лк, якщо ці значення неможливо

забезпечити системою загального освітлення, допускається використовувати місцеве освітлення. Правильно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності, зберігає зір людини, стан його центральної нервової системи [Ж7].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Ж

Ж1. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249.

Ж2. ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Ж3. ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Ж4. ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку».

Ж5. ДСТУ ISO 2631- 1:2004«Вібрація та удар механічні. Оцінка впливу загальної вібрації на людину».

Ж6. ДСН 3.3.6.039-99. «Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрацій».

Ж7. ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення».

Додаток К

Заходи з пожежної безпеки

Пожежна безпека забезпечується системою запобігання пожежі і системою пожежного захисту згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Ці правила встановлюють загальні вимоги з пожежної безпеки до будівель, обладнання, майна [K1].

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», механічна дільниця належить до категорії «Д» з пожежної небезпеки – простір у приміщенні, у якому перебувають тверді горючі речовини та матеріали [K2]. Згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» у приміщенні дослідницької лабораторії, обладнаному ПК з ВДТ можлива пожежа класу – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В), на дільниці також можливі пожежі класу А [K3].

Причинами пожежі можуть бути: несправність електрообладнання (коротке замикання, перевантаження); тривале перевантаження двигунів, приводів; порушення ізоляції, потрапляння іскор або стружки з високою температурою на легкозаймисті матеріали або спецодяг. Оскільки механічна дільниця та приміщення дослідницької лабораторії, належать до категорії «Д» з пожежної небезпеки, тому згідно вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» воно має II ступінь вогнестійкості [K4].

У разі виникнення пожежі у приміщенні для евакуації персоналу відповідно до вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» передбачені виходи, по обидві сторони приміщення, з одного боку вікно (на пожежні сходи), а з іншого – вхідні двері. Згідно п. 2.29 (табл. 2) СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»,

відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу не обмежується у адміністративних приміщеннях та становить 75 метрів у цеху [K5].

Згідно вимог ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту», в приміщенні (дільниці, дослідницької лабораторії, конструкторського бюро, тощо) встановлена система пожежної й охоронної сигналізації «СигналВК6». Яка забезпечує виявлення теплових і димових ознак пожежі і місця виникнення пожежі з точністю до місця розміщення датчика. Пожежна сигналізація використовується для виклику пожежних команд при виникненні пожеж [K6].

Для даної категорії приміщення і класу пожежі рекомендується оснащувати приміщення порошковими вогнегасниками місткістю 5л в кількості 2 шт згідно «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників», затверджені наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстровані в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677. В порошкових вогнегасниках джерелом гасіння є сухий порошок. Призначаються для гасіння твердих, рідких та газоподібних речовин, а також для матеріалів, які тліють. Рекомендуються для гасіння електроустановок з напругою до 1000 В. Зберігати потрібно у вертикальному стані в легкодоступному місці, захищеному від прямих сонячних променів і далеко від нагрівальних приладів [K7].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ К

- К1. НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні».
- К2. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою».
- К3. ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)».
- К4. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги».
- К5. СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания».
- К6. ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту».
- К7. «Правила експлуатації та типові норми належності вогнегасників», затверджені наказом МВСУ 15.01.2018 № 25.

Додаток Л

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Захист населення при хімічному зараженні у разі аварії на хімічно небезпечному об'єкті або транспортних засобах, що перевозять сильнодіючі отруйні речовини

Аварії (катастрофи) на підприємствах, транспорті та продуктопроводах можуть супроводжуватися викидом (виливом) в атмосферу і на прилеглу територію небезпечних хімічних речовин (НХР), таких як хлор, аміак, синильна кислота, фосген, сірчаний ангідрид тощо. Це являє серйозну небезпеку для населення, адже заражене повітря вражає органи дихання, а також очі, шкіру та інші органи.

Фактори небезпеки викиду (розливу) хімічно небезпечних речовин: забруднення навколишнього середовища, небезпека для всього живого, що опинилося на забрудненій місцевості (загибель людей, тварин, знищення посівів та ін.), крім того, внаслідок можливого хімічного вибуху – виникнення сильних руйнувань на значній території [Л1].

Дії у випадку загрози виникнення хімічної небезпеки [Л1]:

- сирени і переривчасті гудки підприємств – це сигнал "Увага всім". Нсгайно ввімкніть приймач радіотрансляційної мережі або телевізор. Уважно слухайте інформацію про надзвичайну ситуацію та порядок дій;
- при оголошенні небезпечного стану уникайте паніки;
- попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та літнім людям;
- виконайте заходи щодо зменшення проникнення отруйних речовин у квартиру (будинок): щільно зачиніть вікна та двері, щілини заклейте;
- підготуйте запас питної води: наберіть воду у герметичні ємності, підготуйте найпростіші засоби санітарної обробки (мильний розчин для обробки рук);

- дізнайтеся у місцевих органів влади про місце збору мешканців для евакуації та уточніть час її початку. Підготуйтеся: упакуйте у герметичні пакети та складіть у валізу документи, цінності та гроші, предмети першої необхідності, ліки, мінімум білизни та одягу, запас консервованих продуктів на 2-3 доби;

- перед виходом з будинку вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть засоби захисту.

Дії у випадку раптового виникнення хімічної небезпеки [Л1]:

- уникайте паніки. З одержанням повідомлення (по радіо або іншим засобам оповіщення) про викид (розлив) в атмосферу НХР та про небезпеку хімічного зараження, виконайте передбачені заходи;

- надягніть засоби індивідуального захисту органів дихання та найпростіші засоби захисту шкіри;

- по можливості негайно залиште зону хімічного забруднення;

- якщо засобів індивідуального захисту немає і вийти з району аварії неможливо, залишайтесь у приміщенні і негайно та надійно герметизуйте його! Зменшіть можливість проникнення НХР (парів, аерозолів) у приміщення: щільно зачиніть вікна та двері, димоходи, вентиляційні люки, щілини в рамах вікон та дверей заклейте, вимкніть джерела газо-, електропостачання та загасіть вогонь у печах. Чекайте повідомлень від органів влади з питань надзвичайних ситуацій за допомогою засобів зв'язку;

- знайте, що уражаюча дія конкретної НХР на людину залежить від її концентрації у повітрі та тривалості, тому, якщо немає можливості покинути небезпечну зону, не панікуйте і продовжуйте вживати заходи безпеки;

- швидко зберіть необхідні документи, цінності, ліки, продукти, запас питної води та інші необхідні речі у герметичну валізу та підготуйтеся до евакуації;

- попередьте сусідів про початок евакуації. Надайте допомогу дітям, інвалідам та літнім людям. Вони підлягають евакуації в першу чергу;
- залишаючи приміщення (квартиру, будинок), вимкніть джерела електро-, водо- і газопостачання, візьміть підготовлені речі, одягніть засоби захисту;
- виходьте із зони хімічного зараження в бік, перпендикулярний напрямку вітру, та обходьте тунелі, яри, лощини – в низинах може бути висока концентрація НХР;
- при підозрі на ураження НХР уникайте будь-яких фізичних навантажень, необхідно пити велику кількість рідини (чай, молоко, сік, воду) та звернутися до медичного закладу;
- вийшовши із зони зараження, зніміть верхній одяг, ретельно вимийте очі, ніс та рот, по можливості прийміть душ;
- з прибуттям на нове місце перебування, дізнайтеся у місцевих органів державної влади та місцевого самоврядування адреси організацій, що відповідають за надання допомоги потерпілому населенню.

Хлор

Ознаки отруєння хлором [Л1]:

Під час вдихання парів хлору виникає ураження легень, яке супроводжується набряком киснево-поглинальних альвеол, які під час кашлю можуть розірватися з виділенням мокротиння з кров'ю, внаслідок чого людина гине від нестачі кисню.

Перша допомога при отруєнні хлором:

Одягніть протигаз і виведіть ураженого на свіже повітря. Робити штучне дихання не можна, необхідно у важких випадках застосувати кисневу інгаляцію. Слід забезпечити повний спокій. Для зменшення подразнення – вдихання парів нашатирного спирту, промивання очей, рота, носа 2%-м розчином харчової соди.

Дії в осередку зараження [Л1]:

- заплющити очі та затамувати дихання;

- закутатися у верхній одяг і дихати крізь нього (можна змочити водою);
- не бігти;
- спробувати визначити напрямок вітру;
- виходити з зони зараження в бік, який перпендикулярний вітру;
- за неможливості вийти, спробувати залізти на високий предмет (стовп, драбину тощо), оскільки хлор стелиться знизу над землею;
- при виявленні будь-якого виду зараження – негайно дзвонить за телефоном 101;
- при отруєнні хлором – винести потерпілого із зони зараження;
- при зупинці дихання – зробити штучне дихання. Шкіру, рот, ніс промити 2%-м розчином питної соди або водою.

Аміак

У випадку розливу рідкого аміаку і його концентрованих розчинів не можна доторкатися до розлитої рідини.

Ознаки отруєння аміаком [Л1]:

- нежить, кашель, важке дихання, задуха;
- підвищене серцевбиття, порушена частота пульсу;
- при контакті з рідким аміаком виникає обмороження, можливий опік з пухирями, виразки.

Перша допомога при отруєнні аміаком:

- одягнуть протигаз і виведіть ураженого на свіже повітря;
- дайте подихати зволженим повітрям (теплими водяними парами 10%-ного розчину ментолу в хлороформі);
- дайте йому теплого молока з «Боржомі» або харчовою содою;
- при задусі необхідний кисень;
- при спазмі голосових щілин забезпечте тепло на ділянку шиї, теплі ванночки, інгаляцію;
- при зупинці дихання проведіть серцево-легеневу реанімацію;

- при потраплянні в очі – промийте водою або 0,5-1%-ним розчином квасців, вазеліною або оливковою олією;
- при ураженні шкіри – обмийте чистою водою, зробіть примочки з 5%-ного розчину оцтової, лимонної або соляної кислоти.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Л

Л1. Електронний ресурс: <https://www.dsns.gov.ua/ua/Himichna-nebezpeka.html>.