

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 «Підвищення продуктивності технологічного процесу деталі «цапфа задня» за рахунок механізації слюсарних робіт»

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

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

Освітня програма (спеціалізація)
«Технологія машинобудування»

Коржакова А.С.

(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

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

Коржакової Анастасії Сергіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Підвищення продуктивності технологічного процесу деталі «цапфа задня» за рахунок механізації слюсарних робіт

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 Автоматизація збору стружки; 4 Розрахунок деталі на міцність; 5 Спеціальне завдання. Механізація слюсарних робіт; 6 Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

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

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
<i>1-6</i>	<i>доцент Пухальська Г.В.</i>		
<i>7</i>	<i>доцент Шмирко В.І.</i>		
<i>нормоконтроль</i>	<i>к.т.н., доцент Дядя С.І.</i>		

7. Дата видачі завдання « _____ » _____ 20__ року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
<i>1</i>	<i>Технологічна частина</i>	<i>1.10-20.10.2020</i>	
<i>2</i>	<i>Конструкторська частина</i>	<i>20.10-3.11.2020</i>	
<i>3</i>	<i>Автоматизація збору стружки</i>	<i>10.11.2020</i>	
<i>4</i>	<i>Розрахунок деталі на міцність</i>	<i>12.11.2020</i>	
<i>5</i>	<i>Спецзавдання. Механізація слюсарних робіт</i>	<i>18.11.2020</i>	
<i>6</i>	<i>Оцінка очікуваної економічної ефективності запропонованих заходів</i>	<i>20.11.2020</i>	
<i>7</i>	<i>Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях</i>	<i>16.11.2020</i>	
<i>8</i>	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	<i>20.11.2020</i>	
<i>9</i>	<i>Нормоконтроль і рецензія</i>	<i>28.11.2020</i>	
<i>10</i>	<i>Захист дипломного проєкту</i>	<i>11.12.2020</i>	

Студент(ка)

_____ *Коржакова А.С.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

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

РЕФЕРАТ

ПЗ: 140 с., 8 табл., 35 рис., 8 дод., 20 джерел

ВЕРСТАТ, ДЕТАЛЬ, ЕСКІЗ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, ОТВІР, ОПЕРАЦІЯ, ОБРОБКА, ПРИСТОСУВАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, РОЗМІР, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТОРЕЦЬ, ЦАПФА.

Об'єкт дослідження - цапфа задня двигуна Д-18Т.

Мета роботи – вдосконалення технологічного процесу виготовлення цапфи задньої.

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

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення деталі, розраховані припуски, виконано аналіз деталі на технологічність, для визначення норми часу розраховані режими різання, зусилля затиску верстатного пристрою, точність контрольного пристосування, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, запропоновані рекомендації щодо заміни ручних слюсарних операцій установкою для скорочення часу на виготовлення деталі та передбачені заходи для безпечної роботи персоналу.

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	11
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	20
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	20
1.4.2 Вибір технологічних баз	24
1.4.3 Проектування маршруту обробки поверхонь	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	32
1.6 Розрахунок режимів різання	42
1.7 Технічне нормування операцій	62
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	69
1.8.1 Розробка токарної операції	69
1.8.2 Розробка свердлильної операції	72
1.8.3 Розробка фрезерної операції	73
2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	75
2.1 Проектування робочого пристосування	75
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	75
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	76
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	78
2.2 Проектування контрольного пристосування	80

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	80
2.2.2 Розрахунок на точність	81
3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІДВОДУ СТРУЖКИ	83
4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ	90
4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі	90
4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції	93
4.3 Оптимізація геометрії деталі	94
5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ. МЕХАНІЗАЦІЯ СЛЮСАРНИХ РОБІТ	95
5.1 Етапи розвитку механізації та основні види	95
5.2 Опис вібраційних установок	97
5.3 Переваги віброобробки та шляхи покращення слюсарних робіт	101
6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ	105
ВИСНОВКИ	108
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	110
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	112
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування	114
Додаток В. Аналіз потенційних небезпек	116
Додаток Г. Заходи по забезпеченню техніки безпеки	120
Додаток Д. Забезпечення безпеки персоналу при виконанні слюсарних робіт	126
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

ДСТУ	- Державний стандарт України
МОП	- маршрут обробки поверхонь
ПТП	- показник точності поверхні
ЧПК	- числове програмне керування
МОР	- мастильно охолоджуюча рідина
СНіП	- система норм і правил
МВД	- маршрут виготовлення деталі
ПЗ	- пояснювальна записка
ТП	- технологічний процес
СТП	- стандарт підприємства

ВСТУП

Авіаційна промисловість розвивається революційним шляхом за рахунок потужної науково-технічної бази, прагнучи при цьому знаходитись на передовому рівні в умовах жорсткої конкуренції. Зростаюча конкуренція на ринку продукції вимагає від виробника виготовити виріб в мінімальні терміни, високої якості і порівняно невеликою собівартістю. Одним з важливих напрямків підвищення експлуатаційних характеристик деталей авіаційних двигунів є розробки і впровадження у виробництво прогресивних технологічних методів, які забезпечують високу якість їх виготовлення. І саме від використання прогресивних технологічних процесів випуску продукції та застосування високопродуктивного технологічного обладнання, а також скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення деталей і всього виробу в значній мірі залежить вартість виробу. Для здійснення останнього не виключається застосування механізованого та автоматизованого обладнання і спеціальних пристосувань, а також використання оптимальних варіантів організації виробничого процесу. Виникає необхідність у скороченні тривалості циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва за рахунок використання новітніх засобів автоматизації, в тому числі застосування ПК з роботою в системі AUTOCAD, ANSYS, NX CAM.

При створенні нових деталей доводиться стикатися з необхідністю забезпечення максимального резерву міцності кожної деталі з урахуванням умов експлуатації і конструктивних особливостей. Необхідно враховувати застосування механізованого та автоматизованого обладнання і спеціальних пристосувань, а також використання оптимальних варіантів організації виробничого процесу.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Досліджувана деталь – цапфа задня двигуна Д-18Т.

Зовні заднього вала ротора турбіни високого тиску зафіксована цапфа (рис. 1.1), 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 коливань, а так само абразивного зносу. Так само цапфи відчують корозійний і ерозійний вплив повітряного потоку.

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

Матеріалом деталі для виготовлення цапфи задньої двигуна Д18-Т є сплав жароміцний на нікелевої основі ХН73МБТЮ-ВД.

Особливістю даного матеріалу є висока межа міцності, висока жароміцність і жаростійкість, а також високі антикорозійні властивості [7]. Сплав ХН73МБТЮ-ВД застосовується: для виготовлення деталей авіаційної техніки (лопаток газових турбін, термооброблених і обточених штамповок дисків, дефлекторів і лабіринтів) з робочою температурою до $+750^{\circ}\text{C}$; кріпильних та інших деталей, що працюють при температурі до $750-800^{\circ}\text{C}$.

Хімічний склад сплаву наведений в таблиці 1.1[7].

Таблиця 1.1 – Зміст основних хімічних елементів, %

Ni	Cr	Al	Fe	Ba	Si	Mg	P	Se
65,073- 71,2	26- 29	2,8-3,5	1	0,1	0,8	0,3	0,015	0,03

Корозійна стійкість. Сталь після термічної обробки по режиму: гарт, два відпустки (при $660-680^{\circ}\text{C}$ + при $650\pm 10^{\circ}\text{C}$), механічної обробки володіє задовільною корозійною стійкістю в загально кліматичних умовах [7].

Жаростійкість (окалиностійкість). Сталь термічно оброблена по режиму: гарт з температури 1120°C в маслі, відпустку при $670-700^{\circ}\text{C}$, після випробування при 700°C приросту (втрати масла) не має [7].

Для забезпечення необхідної структури і відповідних механічних властивостей сплаву (твердість, міцність, пластичність), а також поліпшення оброблюваності деталі рекомендується проводити термообробку даного сплаву по наступним режимам.

Режими термообробки [7]:

- гарт при температурі $t = 1000-1050^{\circ}\text{C}$ (в мастилi або на повітрі);
- відпустка при температурі $t = 630-670^{\circ}\text{C}$;
- охолодження деталі виробляють на повітрі.

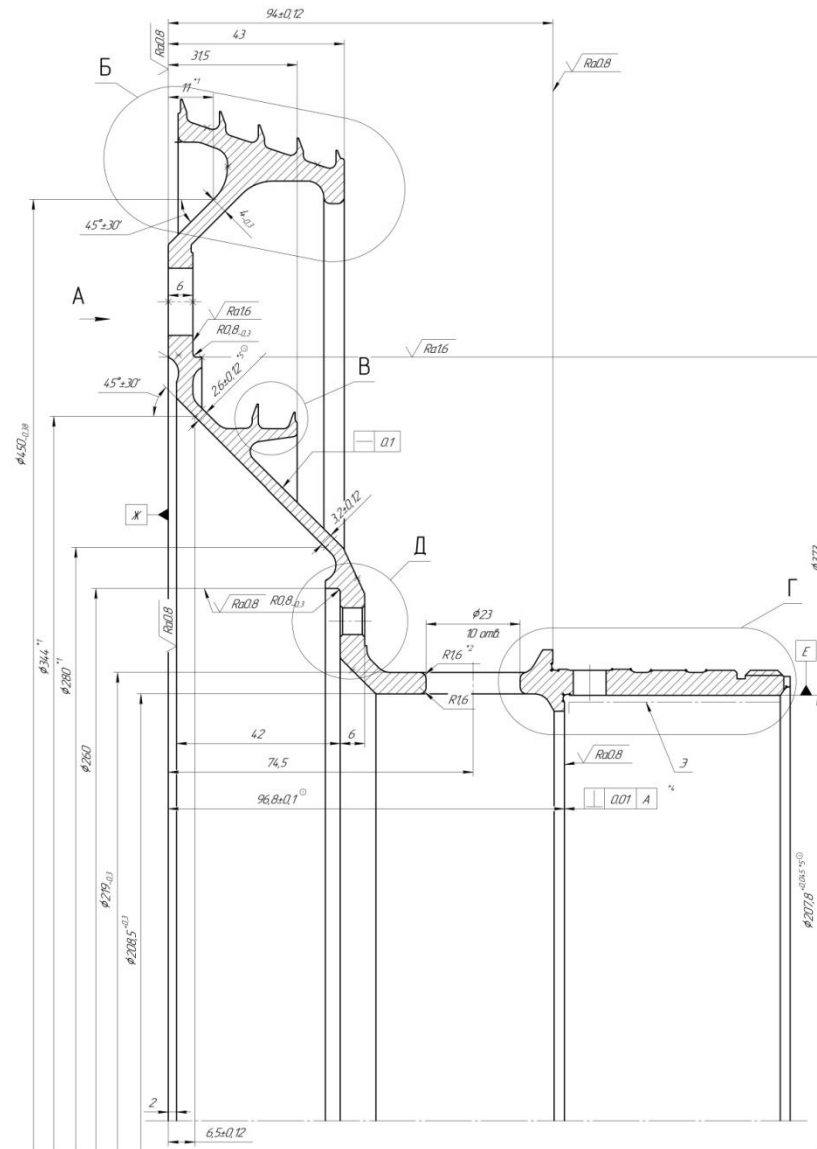


Рисунок 1.1 - Креслення деталі

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Проектування технологічного процесу залежить від багатьох факторів, в тому числі і від типу та організаційної форми виробництва.

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності й обсягу випуску виробів: одиночне, серійне, масове.

Форма організації виробництва визначається за ознакою рівня організації робочих місць і принципу розташування робочих місць: потокова, не потокова і групова [1, стор.15].

Тип виробництва попередньо визначаємо в залежності від річного обсягу випуску $N = 5000$ шт. і маси деталі $m = 12,6$ кг по [1, таблиця.1.1, стор.15] - серійне виробництво.

У нашому випадку форма організації виробництва - серійно-потокова. Це така форма виробництва, при якій деталі надходять на ділянку партіями, але обробка їх виконується поточним методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок обладнання робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку надходить партія інших заготовок, які мають подібний технологічний процес і також обробляються поточним методом.

Кількість заготовок в партії для одночасного запуску визначається за формулою [1]:

$$n = \frac{a \cdot N}{250} \quad (1.1)$$

де a - періодичність запуску деталей в виробництво або кількість днів, на які необхідно забезпечити запас деталей для роботи складальної ділянки; $a = 10$;

N - річна програма випуску; $N=5000$.

$$n = \frac{10 \cdot 5000}{250} = 200 \text{ дет.}$$

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найбільш оптимальних способів їх обробки. Цей напрямок вимагає безперервного підвищення точності заготовки та наближення її конструктивних форм і розмірів чистової деталі, що дозволяє скоротити обсяг обробки, обмежуючи її напівчистовими і чистовими операціями [1, стор.275-277].

У серійному виробництві заготовки отримують методом штампування на молотах, горизонтально-кувальних машинах (ГКМ) і кривошипних горячештамповочних пресах (КГШП). У другому і третьому випадку знижуються припуски і допуски на заготовку, зменшується витрата металу, отже збільшується коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{вм}}$.

Для економічного обґрунтування вибору заготовки виконуємо розрахунок технологічної собівартості деталі по порівнюваним методам:

- штампування у відкритих штампах на молотах;
- штампування в закритих штампах на КГШП.

Вихідні дані:

маса деталі $m_d = 12,6$ кг;

матеріал: сплав ХН73МБТЮ-ВД;

габаритні розміри для конструювання заготовки : 304х499;

річна програма: 5000 шт.

Коефіцієнт використання матеріалу визначається як відношення маси деталі до маси заготовки за формулою [1, стор.276]:

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

де q - маса деталі, кг;

Q -маса заготовки, кг.

Вартість виготовлення однієї заготовки визначають за формулою [1, стор.276]:

$$C_3 = \frac{C_B}{1000} Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} - (Q - q) \frac{S_{\text{відх}}}{1000} \quad (1.3)$$

де C_B – базова вартість 1т. заготовок, грн.;

$K_T, K_M, K_C, K_B, K_{II}$ - коефіцієнти, що враховують клас точності, матеріал, групу складності, масу заготовки, програму випуску;

$S_{\text{відх}}$ - вартість 1 тонни стружки, грн.

Річна економія на виготовлення заготовки [1, стор. 277]:

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

де C_1, C_2 – річна програма виготовлення заготовок;

N - річна програма випуску.

Річна економія матеріалу [1, стор. 277]:

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

де q – маса деталі;

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

Припуск на сторону обираємо за [10, с. 12, таблиця. 1.3] та заносимо в табл. 1.2 та 1.3.

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

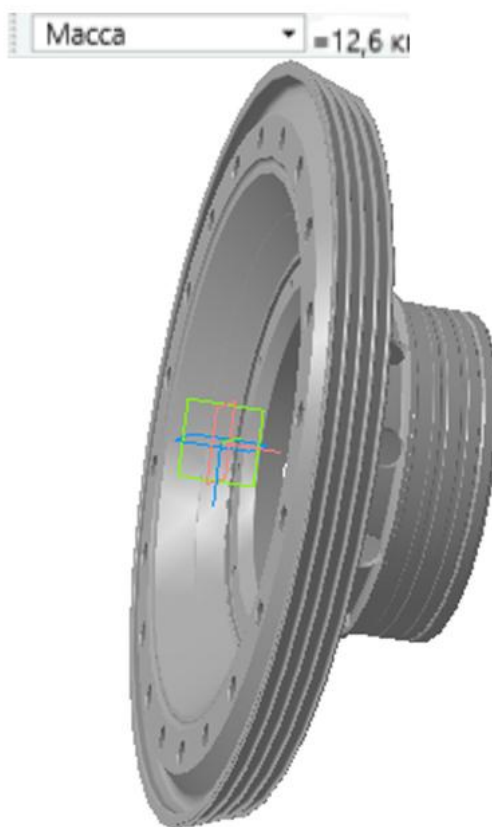


Рисунок 1.2 - 3D модель деталі

Визначаємо масу штамповки в програмі NX на молотах (рис.1.3) та на КГШП (рис.1.5).

Таблиця 1.2 – Припуск на розміри заготовки на молотах

Деталь	Припуск штампованої заготовки	Розміри штампованої заготовки
Ø499	5,0	Ø 509,1
Ø 207,8	3,0	Ø 202
Ø 220	2,5	Ø 225
152	2,5	157,2
48	30	108

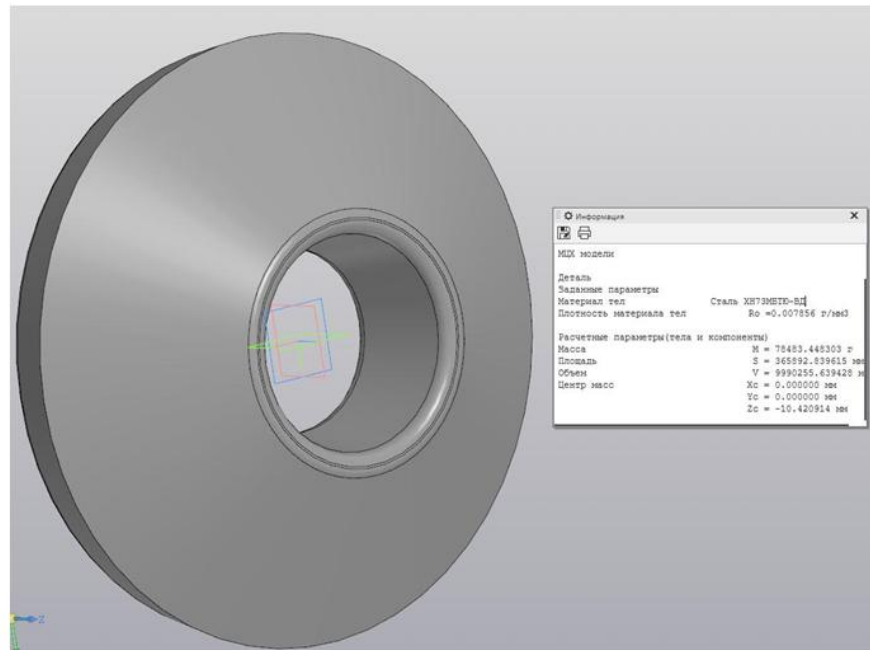


Рисунок 1.3 – 3D модель заготовки на молотах

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу для штамповки на молотах (рис. 1.4) за формулою (1.2):

$$\eta_m = \frac{12,6}{78} = 0,16$$

Розраховуємо собівартість заготовки за формулою (1.3):

$$C_M = \frac{12900}{1000} \cdot 78 \cdot 1,03 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,9 - (78 - 12,6) \cdot \frac{2500}{1000} = 666,64 \text{ грн}$$

де C_B — базова вартість 1т. заготовок [2, таблиця. 1.29, с. 20];

K_T — коефіцієнт, що залежить від класу точності [2, таблиця. 1.24, с.18];

K_C — коефіцієнт, що залежить від групи складності[2, таблиця. 1.25, с.18,];

K_B — коефіцієнт, що залежить від маси [2, таблиця. 1.26, с.19];

K_M — коефіцієнт, що залежить від матеріалу[2, таблиця. 1.27, с. 19];

K_{II} — коефіцієнт, що залежить від групи серійності [2, таблиця. 1.28, с. 19]

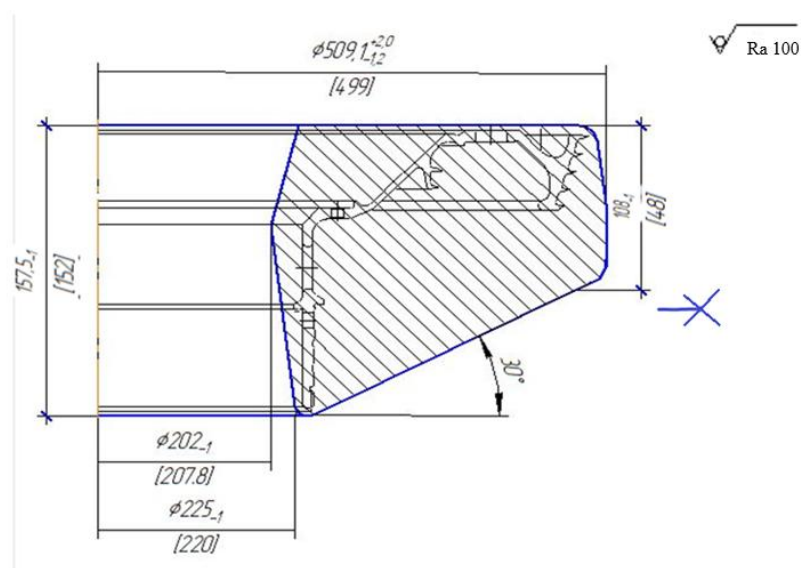


Рисунок 1.4 – Ескіз штамповки на молотах

Таблиця 1.3 – Припуск на розміри штампованої заготовки на КГШП

Деталь	Припуск штампованої заготовки	Розміри штампованої заготовки
Ø499	5,0	Ø 509,1
Ø 202	3,0	Ø 207,8
Ø 220	2,5	Ø 225
157,5	2,5	152
48	29	106,6

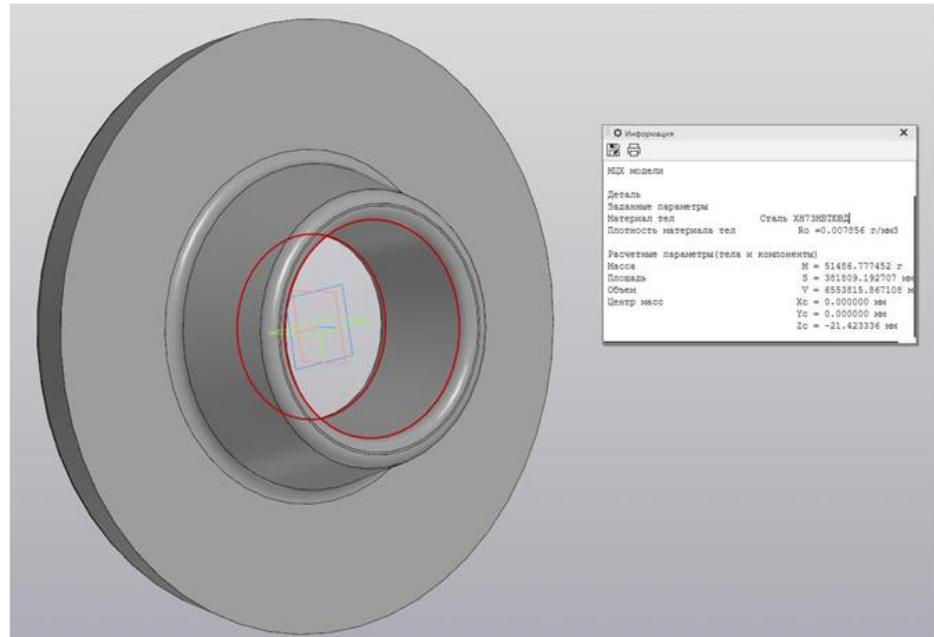


Рисунок 1.5 – 3D модель штампованной заготовки на КГШП

Розраховуємо коефіцієнт використання матеріалу для штамповки на КГШП (рис.1.6) за формулою (1.2):

$$\eta_{\text{КГШП}} = \frac{12,6}{51} = 0,24$$

Розраховуємо собівартість заготовки за формулою (1.3):

$$C_M = \frac{12000}{1000} \cdot 51 \cdot 1,03 \cdot 0,89 \cdot 1 \cdot 0,9 - (51 - 12,6) \cdot \frac{2500}{1000} = 408,91 \text{ грн}$$

де C_B – базова вартість 1 т. заготовок [2, табл. 1.29, с. 20];

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності [2, табл. 1.24, с.18];

K_C – коефіцієнт, що залежить від групи складності [2, табл. 1.25, с. 18,];

K_B – коефіцієнт, що залежить від маси [2, табл. 1.26, с. 19];

K_M – коефіцієнт, що залежить від матеріалу [2, табл. 1.27, с. 19];

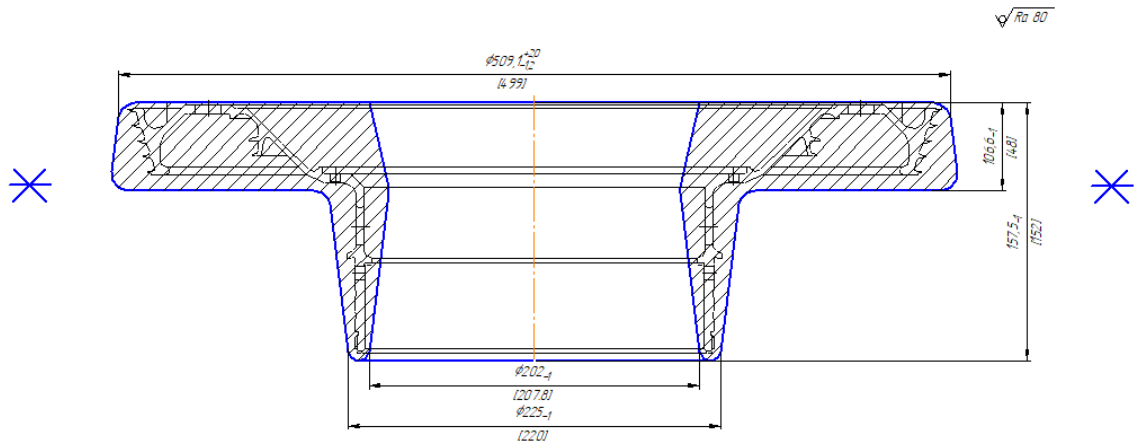


Рисунок 1.6 – Ескіз штампівки на КГШП

Так як $C_{\text{КГШП}} < C_{\text{м}}$, $\eta_{\text{м}} < \eta_{\text{КГШП}}$, тому доцільно використовувати штампування на КГШП.

Річну економію на виготовлення заготовки визначаємо за формулою (1.4):

$$E_{\text{виг}} = (666,64 - 408,91) \cdot 5000 = 1288,6 \text{ грн}$$

Визначаємо річну економію матеріалу за формулою (1.5):

$$M = \frac{12,6 \cdot (0,24 - 0,16)}{0,24 \cdot 0,16} \cdot 5000 = 63000 \text{ кг}$$

Найбільш раціональним є виготовлення заготовок штампуванням у закритих штампах на кривошипному горячештамповочному пресі, так як річна економія за вартістю в порівнянні зі штампуванням на молоті – 1288,6 грн., а річна економія матеріалу - 63000 кг.

Отримані дані заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 – Економічне порівняння

Показники	Позначення	Од. вимірювання	Варіанти	
			Штамповка На молотах	Штамповка На КГШП
Маса деталі	$m_{\text{дет}}$	кг	12,6	
Маса заготовки	$m_{\text{заг}}$	кг	78	51
КВМ	$K_{\text{вм}}$		0,16	0,24
Базова ціна заготовки	C_i	грн	12900	12000
Коефіцієнти	K_t		1,03	1,03
	K_m		0,89	0,89
	$K_c; K_z$		1	1
	K_v		0,9	0,9
	K_n		1	1
Ціна за 1т стружки	$S_{\text{відх}}$	грн	2500	
Вартість однієї заготовки	$S_{\text{заг}}$	грн	666,64	408,91

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

У найзагальнішому випадку конструкцію будь-якої деталі можна вважати технологічною, якщо вона забезпечує її просте і економічне виготовлення. Загальними критеріями технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості і технологічної собівартості її виготовлення.

Оцінити показники трудомісткості і технологічної собівартості на початковому етапі проектування технологічного процесу неможливо, оскільки відсутні необхідні вихідні дані [1].

Відповідно до єдиної системи технологічної підготовки виробництва [19] технологічність конструкції оцінюється:

- вибором і обґрунтуванням раціональної заготовки;
- технологічністю форми;
- раціональним проставлянням розмірів;
- оптимальною точністю геометричних характеристик;
- оптимальною шорсткістю оброблюваних поверхонь;
- кількістю уніфікованих поверхонь.

За якісними показниками отримуємо наступні результати.

Матеріал заготовки підібраний з урахуванням оптимального співвідношення фізико-механічних властивостей і ціною а форма заготовки після штампування має максимально наближені розміри до деталі (мінімальні припуски).

Заготовка деталі має технологічні бази-поверхні, які забезпечують надійне і зручне закріплення деталі на верстаті, достатню жорсткість для надійного закріплення на верстаті, виключення деформацій на високих режимах обробки і досягнення необхідної точності, а також при контролі розмірів.

При закріпленні заготовки на верстаті існує зручний підвід, врізання і вихід інструменту а також відносно добре контролюється і обробляється.

Розміри проставлені раціонально, так як вони забезпечують об'єднання конструкторських, складальних, технологічних і вимірювальних баз, можливість обробки на попередньо налаштованих верстатах з ЧПК, використання простих пристосувань, ріжучого і вимірювального інструмента, надійність і простоту вимірювання при обробці і після

виготовлення а також раціональність послідовності обробки елементарних поверхонь.

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 визначили в пункті 1.3 він складає $K_b = 0,24 < 0,8$

За даним показником деталь нетехнологічна.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі [1, стор.275]:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} \geq 0,6 \quad (1.6)$$

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

Q_e – кількість уніфікованих елементів.

$$K_{y.e.} = \frac{68}{74} = 0,9 \geq 0,6$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт точності обробки [1, стор.275]:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{A_{ср.}} > 0,8 \quad (1.7)$$

де $A_{ср.}$ - середній квалітет точності який визначається за формулою:

$$A_{ср.} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{заг}} \quad (1.8)$$

де n- кількість розмірів, які мають відповідний квалітет;

k - квалітет точності.

$$A_{CP} = \frac{15 \cdot 3 + 14 \cdot 18 + 12 \cdot 22 + 11 \cdot 14 + 10 \cdot 5 + 8 \cdot 2 + 7 \cdot 8 + 6 \cdot 2}{74} = 11,5$$

$$K_{TC} = 1 - \frac{1}{11,5} = 0,91 > 0,8$$

За даним показником деталь технологічна.

Коефіцієнт шорсткості поверхонь [1, стор.275]:

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

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

$$B_{CP} = \frac{k_1 n_1 + k_2 n_2 + \dots + k_n n_n}{n_{заг}} \quad (1.10)$$

де k - значення параметра шорсткості;

n - кількість поверхонь, які мають відповідну шорсткість.

$$B_{CP} = \frac{8 \cdot 5 + 7 \cdot 64 + 6 \cdot 5}{74} = 7$$

$$K_{ш} = \frac{1}{7} = 0,14 < 0,32$$

За даним показником деталь технологічна.

Отже, можемо зробити висновок, що за більшістю показників деталь технологічна.

1.4.2 Вибір технологічних баз

Технологічна база визначає положення деталі на верстаті щодо траєкторії різального інструменту і знаходиться в безпосередньому контакті з елементами пристосування [1, стор. 63].

Робота по вибору технологічних баз починається з вибору чорнової і настановної бази для першої операції.

За чорнові бази вибираємо поверхні, що володіють достатньою площею поверхні і відносній геометричній точністю. Такими поверхнями на розглянутої деталі є зовнішня циліндрична поверхня $\varnothing 242,29^{+3,2}_{-1,6}$ мм і прилеглий до неї торець 165,5 мм. Встановлюючи деталь на ці поверхні, ми готуємо бази для подальшої обробки.

Конструкторські та технологічні бази збігаються для забезпечення складання в вузлі. По можливості використовується принцип єдності баз, при якому збігаються вимірювальні і налагоджувальні бази. При цьому похибка базування дорівнює нулю. Даний вибір баз забезпечує можливість обробки з однієї установки максимальної кількості поверхонь [1, стор.71-75]. В якості основної бази приймається внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 207,8^{+0,045}$ мм і торець 152 мм.

1.4.3 Проектування маршруту обробки поверхонь

Кількість переходів, їх послідовність визначають при проектуванні маршруту обробки поверхні (МОП).

МОП є технологічною основою технологічного процесу механічної обробки, так як саме в цій частині закладаються фізико-механічні, хіміко-термічні процеси впливу на поверхню заготовки [1, стор.277-278].

Поверхні заготовки на стадіях обробки характеризуються системою показників точності, якості і ефективності обробки.

Проектування маршруту обробки зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 499 \text{ h7}(\text{ }_{-0,063})$.

Вихідні дані:

Для заготовки що отримана на КГШП [5]:

$Td_3 = 2000 \text{ мкм}$;

$Ra_3 = 100 \text{ мкм}$;

Квалітет – IT 16;

Деталь, що оброблена за 7 квалітетом має:

$Td_d = 63 \text{ мкм}$;

$Ra_d = 1,6 \text{ мкм}$

Квалітет – h7.

Розраховуємо уточнення точності виготовлення за формулами [1, стор.279]:

$$\epsilon_{Td} = \frac{Ti_{\text{заг}}}{Ti_{\text{дет}}} \quad (1.11)$$

де $Ti_{\text{заг}}$ – допуск на і-й параметр заготовки;

$Ti_{\text{дет}}$ – допуск на і-й параметр деталі за робочим кресленням.

$$\epsilon_{Ra} = \frac{Ra_{\text{заг}}}{Ra_{\text{дет}}} \quad (1.12)$$

де $Ra_{\text{заг}}$ – шорсткість на і-й параметр заготовки;

$Ra_{\text{дет}}$ – шорсткість на і-й параметр деталі за робочим кресленням.

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{2000}{63} = 31,7$$

$$\varepsilon_{oRa} = \frac{1000}{1,6} = 62,5$$

Розраховуємо кількість переходів за лімітуючим показником за формулою [1, стор.280]:

$$k_{Ti} = 2\lg \varepsilon_{Ra} \quad (1.13)$$

$$k_{розр} = 2\lg 62,5 = 3,2$$

Приймаємо кількість переходів $K=3$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{заг} - IT_{дет} = 16 - 7 = 9 = 4 + 3 + 2$$

Складаємо послідовність показника точності поверхні (ПТП):

$$IT16 \rightarrow T/O \rightarrow h12 \rightarrow h9 \rightarrow h7$$

$$Ra\ 100 \rightarrow T/O \rightarrow Ra\ 12.5 \rightarrow Ra\ 3,2 \rightarrow Ra\ 1,6$$

Визначаємо часткове уточнення для кожного переходу за формулами (1.12) та (1.13):

1)Термічна обробка

2)Чорнове точіння

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{2000}{700} = 2,8$$

$$\varepsilon_{Ra2} = \frac{100}{12,5} = 8$$

3) Напівчистове точіння

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{700}{600} = 1,1$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{12,5}{3,2} = 4.$$

4) Чистове точіння

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{600}{63} = 9,5$$

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

Маршрут обробки поверхні вважається прийнятим, якщо виконується умова [1, стор.282]:

$$\varepsilon_{i0} \leq \prod_{i=1}^k \varepsilon_{ij} \quad (1.14)$$

Визначаємо загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{Td0} = 2,8 \cdot 1,1 \cdot 9,5 = 29,2$$

$$\varepsilon_{Ra0} = 2 \cdot 4 \cdot 8 = 51,2$$

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

$$29,2 \leq 31,7$$

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

$$51,2 \leq 62,5$$

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

Проектування маршруту обробки внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 207,8h7^{(+0.045)}$ мм.

Вихідні данні:

Для заготовки що отримана на КГШП [5]:

$Td_3 = 1900$ мкм;

$Ra_3 = 100$ мкм;

Квалітет – IT 17;

Деталь, що оброблена за 7 квалітетом має:

$Td_d = 45$ мкм;

$Ra_d = 0,8$ мкм;

Квалітет – h7.

Розраховуємо уточнення за формулами (1.11) та (1.12):

$$\varepsilon_{oTd} = \frac{1900}{45} = 42$$

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

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

$$k_{\text{розр}} = 2\lg 125 = 4,9$$

Приймаємо кількість переходів $K=5$.

Різниця квалітетів:

$$\Delta = IT_{\text{заг}} - IT_{\text{дет}} = 17 - 7 = 10 = 3 + 3 + 2 + 1 + 1$$

Складаємо послідовність ПТП:

$$IT17 \rightarrow T/O \rightarrow h14 \rightarrow h11 \rightarrow h9 \rightarrow h8 \rightarrow h7$$

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

Розраховуємо уточнення за формулою (1.12) та (1.13):

1)Термообробка

2)Чорнове точіння

$$\epsilon_{Td1} = \frac{1900}{720} = 2,6$$

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

3)Напівчистове точіння

$$\epsilon_{Td2} = \frac{720}{290} = 2,4$$

$$\epsilon_{Ra2} = \frac{12,5}{6,3} = 1,9$$

4) Чистове точіння

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{290}{115} = 2,3$$

$$\varepsilon_{Ra3} = \frac{6,3}{1,6} = 3,9$$

5) Тонке точіння

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{115}{60} = 1,9$$

$$\varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2$$

6) Шліфування

$$\varepsilon_{Td5} = \frac{60}{45} = 1,3$$

$$\varepsilon_{Ra5} = \frac{0,8}{0,8} = 1$$

Розраховуємо загальне уточнення для перевірки обраного маршруту за формулою (1.14):

$$\varepsilon_{Td0} = 2,6 \cdot 2,4 \cdot 2,3 \cdot 1,9 \cdot 1,3 = 35$$

$$\varepsilon_{Ra0} = 8 \cdot 1,9 \cdot 3,9 \cdot 2 \cdot 1 = 94,8$$

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

$$35 \leq 42$$

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

$$94,8 \leq 125$$

Так як перевірка зійшлась, маршрут обробки заданої поверхні вважаємо прийнятим. Дані заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – План обробки поверхонь

	Показник	Уточнення	Кількість переходів	Різниця показн. ПШТК	i	Метод обр.	Td, мкм	Ra, мкм	ε_{iTd}	ε_{iRa}	
Зовнішня циліндр. пов. $\varnothing 499_{+0,063}$	Td Ra	31,7 62,5	3	16-7= =9=4+3+2	1	Заготівельна IT16	2000	100	-	-	
					2	T/O	-	-	-	-	-
					3	Чорнове точіння	h12	700	12,5	2,8	8
					4	Напівчистове точіння	h9	600	3,2	1,1	4
					5	Чистове точіння	H7	63	1.6	9,5	2
					Уточнення					29,2	51,2
Внутр. циліндр. пов. $\varnothing 207,8_{+0,045}$	Td Ra	42 125	5	17-7= =10=3+3+ +2+1+1	1	Заготівельна IT17	1900	100	-	-	
					2	T/O	-	-	-	-	-
					3	Чорнове точіння	h14	720	12,5	2,6	8
					4	Напівчистове точіння	h11	290	6.3	2,4	1,9
					5	Чистове точіння	h9	115	1,6	2,3	3,9
					6	Тонке точіння	h8	60	0,8	1,9	2
					7	Шліфування	h7	45	0,8	1,3	1

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

Елементи мінімальних припусків для кожного переходу і допуски на операційні розміри заготовки приймаємо по [3, с.243, табл.4.1.]

Визначення припусків і виконавчих технологічних розмірів розрахунково-аналітичним методом для зовнішньої циліндричної поверхні: $\varnothing 499 \text{ h}7(-0,063)$.

Згідно з методикою, подвійний операційний припуск для зовнішніх і внутрішніх (без установки в центрах – як в даному випадку) поверхонь обертання визначають [1, стор.304]:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}) \quad (1.15)$$

де R_{zi-1} - середня висота нерівностей, отримана від попередньої обробки;

h_{i-1} глибина дефектного шару від попередньої обробки;

ρ_{i-1} сумарне значення похибок просторових відхилень і форми від попередньої обробки;

ε_i похибка установки заготовки при виконанні і-го переходу.

R_{zi-1} і h_i визначаємо по [4 табл.24, стр.187].

1 Заготовка штампування: $R_z = 200 \text{ мкм}$, $h = 250 \text{ мкм}$;

2 термообробка;

3 чорнове точіння: $R_z = 40 \text{ мкм}$, $h = 80 \text{ мкм}$;

4 напівчистове точіння: $R_z = 20 \text{ мкм}$, $h = 30 \text{ мкм}$;

5 чистове точіння: $R_z = 6,3 \text{ мкм}$, $h = 20 \text{ мкм}$.

Просторове відхилення заготовки ρ_1 [1 стор. 317] визначаємо як суму допустимих значень за формулою:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{зм}^2 + \rho_{вик}^2} \quad (1.16)$$

де $\rho_{зм}=0,9$ мм [4, таблиця 17,стр.186];

$\rho_{вик}=0,6$ мм [4, таблиця 17,стр.186].

$$\rho_1 = \sqrt{0,9^2 + 0,6^2} = 1,082 \text{ мм} = 1082 \text{ мкм}$$

За формулою (1.16) розраховуємо похибку після термообробки:

$$\rho_2 = \sqrt{0,002^2 + 0,6^2} = 0,6 \text{ мм} = 600 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення після чорнового точіння визначаємо за формулою:

$$\rho_3 = k_y \cdot \rho_2 \quad (1.17)$$

де k_y - коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок; $k_y=0,08$ мм [4, 33 таблиця 29, стор.190];

ρ_2 - похибка після термообробки; $\rho_2 = 600$ мкм.

$$\rho_3 = 0,08 \cdot 600 = 48 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення після напівчистового точіння розраховуємо за формулою:

$$\rho_4 = k_y \cdot \rho_3 \quad (1.18)$$

де k_y - коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок; $k_y=0,05$ мм [4, 33 таблиця 29, стор.190];

ρ_3 - похибка установки після чорнового точіння; $\rho_3 = 48$ мкм.

$$\rho_4 = 0,05 \cdot 48 = 0,9 \text{ мкм}$$

Просторове відхилення після чистового точіння визначається за формулою:

$$\rho_5 = k_y \cdot \rho_4 \quad (1.19)$$

де k_y - коефіцієнт уточнення для штампованих заготовок; $k_y = 0,05$ мм [4, 34 таблиця 29, стор.190];

ρ_4 - похибка установки після напівчистового точіння; $\rho_3 = 0,9$ мкм.

$$\rho_5 = 0,05 \cdot 0,9 = 0,045 \text{ мкм}$$

Підставляючи отримані значення елементів припуску в формулу (1.15) отримаємо їх розрахункові величини:

$$\text{-чорнове точіння : } 2z_{\min \text{ черн}} = 2 \cdot \left[250 + 200 + \sqrt{1082^2 + 800^2} \right] = 3,71 \text{ мм};$$

$$\text{-напівчистове точіння : } 2z_{\min \text{ н.чист}} = 2 \cdot \left[40 + 80 + \sqrt{600^2 + 400^2} \right] = 2,315 \text{ мм};$$

$$\text{-чистове точіння : } 2z_{\min \text{ чист}} = 2 \cdot \left[20 + 30 + \sqrt{45^2 + 120^2} \right] = 0,853 \text{ мм}.$$

Розрахункові максимальні розміри поверхонь для переходів при механічній обробці визначаємо за методом розмірних ланцюгів за формулою [1, с.308]:

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + Td_i \quad (1.20)$$

$$d_4 = 499 + 0,853 + 0,60 = 500,46 \text{ мм}$$

$$d_3 = 500,453 + 2,315 + 0,07 = 502,84 \text{ мм}$$

$$d_1 = 502,838 + 3,2 = 506,04 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальні розміри поверхонь для переходів при механічній обробці за формулою [1, с.308]:

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

$$d_1 = 502,038 - 3,2 = 502,84 \text{ мм}$$

$$d_3 = 502,838 - 0,070 = 502,77 \text{ мм}$$

$$d_4 = 500,453 - 0,60 = 499,86 \text{ мм}$$

$$d_5 = 499 - 0,63 = 498,94 \text{ мм}$$

Максимальні значення припусків за переходами визначаємо по формулі [1, с.307]:

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

$$2Z_{3\max} = 506,038 - 502,768 = 3,27 \text{ мм}$$

$$2Z_{4\max} = 502,838 - 499,853 = 2987 \text{ мм}$$

$$2Z_{5\max} = 500,453 - 498,937 = 1,51 \text{ мм}$$

Визначаємо мінімальні значення припусків за переходами по формулі [1, с.307]:

$$2Z_{i \min} = d_{i-1 \min} - d_{i \max} \quad (1.22)$$

$$2Z_{3\min} = 502,838 - 502,838 = 0 \text{ мм}$$

$$2Z_{4\min} = 502,768 - 500,453 = 2,3 \text{ мм}$$

$$2Z_{5\min} = 499,853 - 499 = 0,853 \text{ мм}$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило [1, с.308]:

$$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}} \quad (1.23)$$

$$\text{де } 2Z_{0\max} = d_{1\max} - d_{5\min}$$

$$2Z_{0\max} = 506,038 - 498,937 = 7,101 \text{ мм}$$

$$2Z_{0\min} = d_{1\min} - d_{5\max}$$

$$2Z_{0\min} = 502,838 - 499 = 3,838 \text{ мм}$$

$$7,101 - 3,838 = 3,2 + 0,063$$

$$3,263 = 3,263$$

Отримані результати розрахунків аналітичним методом заносимо в таблицю 1.6.

Виконуємо розрахунок припусків табличним методом на розмір внутрішньої поверхні $\varnothing 207,8\text{H}7^{(+0.045)}$

Призначаємо маршрут обробки:

1 заготовка штампування;

- 2 термообробка;
- 3 чорнове точіння;
- 4 напівчистове точіння;
- 5 чистове точіння;
- 6 тонке точіння;
- 7 чистове шліфування.

Вибираємо операційні допуски згідно МОП таблиця. 1.5.

Визначаємо мінімальні припуски табличним методом за формулою[5]:

$$2Z_i^{\min} = 2Td_{-1} \quad (1.24)$$

де Td_{-1} - припуск, який знімається з однієї сторони [2, с. 39, таблиця 4.3].

$$2Z_3^{\min} = 2 \cdot 1,6 = 3,2 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{\min} = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{\min} = 2 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{\min} = 2 \cdot 0,3 = 0,6 \text{ мм}$$

$$2Z_7^{\min} = 2 \cdot 0,08 = 0,16 \text{ мм}$$

Визначаємо номінальні припуски на переходах за формулою [5]:

$$2Z_i^H = 2Z_i^{\min} + Td_1 \quad (1.25)$$

$$2Z_3^H = 3,2 + 0,9 = 4,1 \text{ мм}$$

$$2Z_4^H = 1,2 + 0,72 = 1,92 \text{ мм}$$

$$2Z_5^H = 1,2 + 0,29 = 1,49 \text{ мм}$$

$$2Z_6^H = 0,6 + 0,115 = 0,715 \text{ мм}$$

$$2Z_7^H = 0,16 + 0,060 = 0,22 \text{ мм}$$

Знайдемо номінальні діаметри за формулою [5]:

$$d_i^H = d_i^H + 2Z_i^H \quad (1.26)$$

$$d_1^H = 203,45 + 4,1 = 199,35 \text{ мм}$$

$$d_3^H = 205,37 + 1,92 = 203,45 \text{ мм}$$

$$d_4^H = 206,86 + 1,49 = 205,37 \text{ мм}$$

$$d_5^H = 207,58 + 0,715 = 206,86 \text{ мм}$$

$$d_6^H = 207,8 - 0,22 = 207,58 \text{ мм}$$

$$d_7^H = 207,8 \text{ мм}$$

Знайдемо максимальні припуски за формулою [5]:

$$2Z_i^{\max} = 2Z_i^H + Td_i \quad (1.27)$$

$$2Z_3^{\max} = 3,2 + 0,72 = 3,96 \text{ мм}$$

$$2Z_4^{\max} = 1,2 + 0,29 = 1,49 \text{ мм}$$

$$2Z_5^{max} = 1,2 + 0,115 = 1,31 \text{ мм}$$

$$2Z_6^{max} = 0,6 + 0,06 = 0,66 \text{ мм}$$

$$2Z_7^{max} = 0,16 + 0,045 = 0,205 \text{ мм}$$

Робимо перевірку розрахунків, використовуючи контрольне правило за формулою (1.23):

$$7,919 - 6,36 = 1,23 + 0,045$$

$$1,275 = 1,275$$

Отримані результати розрахунків припусків табличним способом заносимо в таблицю 1.6.

Таблиця 1.6 - Розрахунок припусків і технологічних розмірів

№	Назва технологічних переходів	Елементи припуску,мкм				Розрахунковий		Допуск Td,мм	Граничні значення				Виконавчий розмір,мм
		R _Z	h	ρ	ε	Припуск, 2Zmin мм	Розмір, dmin,мм		Розмірів,мм		Припусків,мм		
									dmax	dmin	2Zmax	2Zmin	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Зовнішня циліндрична поверхня Ø499 h7(_{-0,063})													
1	Заготівельна	200	250	1082	-	-	502,83	3,2	506,04	502,83	-	-	Ø506,04 ^{+2,0} _{-1,2}
2	Термообробка	-	-	600	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Чорнове точіння	40	80	48	800	3,71	502,77	0,070	502,84	502,77	3,27	0	Ø502,84 _{-0,070}
4	Напівчист. точіння	20	30	0,9	400	2,315	499,86	0,60	500,46	499,86	2,98	2,3	Ø500,46 _{-0,060}
5	Чистове точіння	6,3	20	0,045	120	0,853	498,94	0,063	499	498,94	1,51	0,853	Ø499 _{-0,063}

Продовження таблиці 1.6

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 207,8h7(^{+0.045})$													
1	Заготівель- на	-	-	-	-	-	199,99	1,23	201,2	199,99	-	-	$\varnothing 201,2^{+1,2}_{-0,3}$
2	Термо- обробка	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3	Чорнове точіння	-	-	-	-	3,2	203,78	0,72	204,5	203,78	3,96	3,2	$\varnothing 204,5_{-0,72}$
4	Напівчист. точіння	-	-	-	-	1,2	205,39	0,29	205,67	205,39	1,49	1,2	$\varnothing 205,67_{-0,29}$
5	Чистове точіння	-	-	-	-	1,2	206,94	0,115	207,05	206,94	1,35	1,2	$\varnothing 207,05_{-0,115}$
6	Тонке точіння	-	-	-	-	0,6	207,62	0,06	207,67	207,62	0,66	0,6	$\varnothing 207,67_{-0,06}$
7	Шліфуван- ня	-	-	-	-	0,16	207,8	0,045	207,85	207,8	0,205	0,16	$\varnothing 207,8^{+0,045}$

1.6 Розрахунок режимів різання

Операція 020. Токарна з ЧПК.

Операційний ескіз обробки деталі показан на рис. 1.7.

Токарний верстат MDW-20S Матеріал: сплав ХН73МБТЮ-ВД.

Інструмент для обробки поверхонь – різець ISCAR PCLCR/L 1212K-09S-ЛНР.

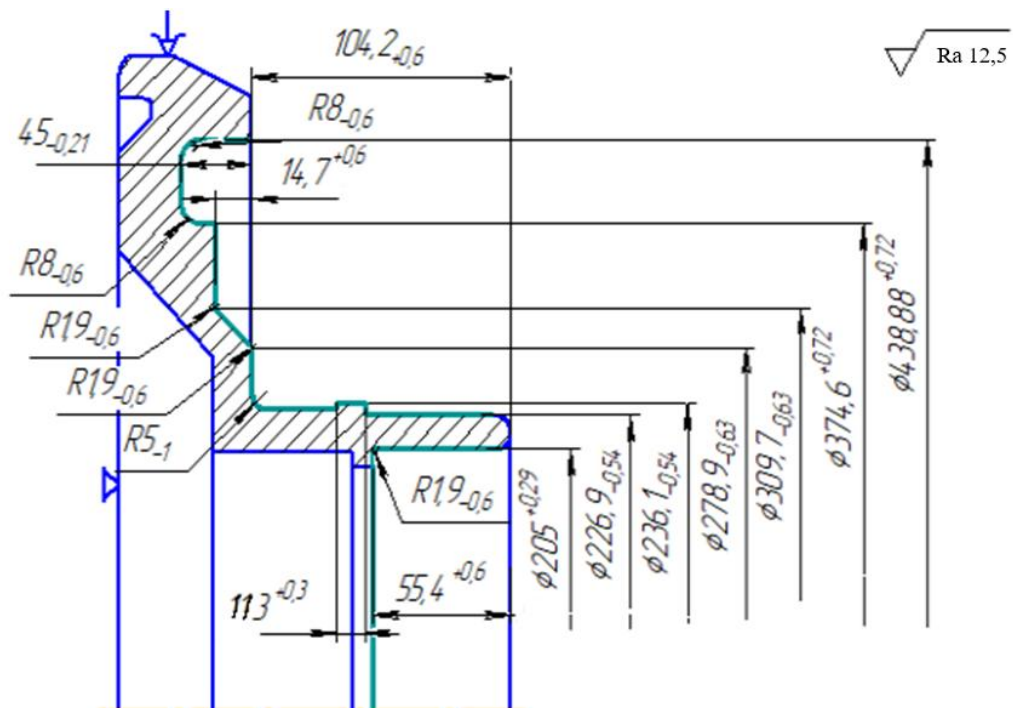


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз до операції № 020

Визначаємо глибину різання за формулою [8]:

$$t = \frac{D_{\text{дет}} - D_{\text{заг}}}{2} \quad (1.28)$$

де $D_{\text{дет}}$ – діаметр деталі;

$D_{\text{заг}}$ – діаметр заготовки.

$$t = \frac{205 - 202}{2} = 1,5 \text{ мм}$$

За таблицею [7, с. 237. табл 26] призначаємо подачу:

$$S_T = 0,4 \text{ мм/об.}$$

З урахуванням умов обробки розраховуємо S_o за формулою [7]:

$$S_o = S_T \cdot K_{so} \quad (1.29)$$

$$K_{so} = K_{sn} \cdot K_{su} \cdot K_{s\phi} \cdot K_{sz} \cdot K_{sj} \cdot K_{sm} \quad (1.30)$$

де K_{sn} – коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні; $K_{sn} = 1$; [7, таблиця 31 с.240];

K_{su} – коефіцієнт, який враховує матеріал інструменту; $K_{su} = 1$ [7, таблиця 31 с.240];

$K_{s\phi}$ – коефіцієнт, що враховує форму поверхні; $K_{s\phi} = 0,7$ [7, таблиця 31 с.240];

K_{sz} – коефіцієнт, що враховує термообробку; $K_{sz} = 0,8$ [7, таблиця 31 с.240];

K_{sj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи; $K_{sj} = 0,62$ [7, таблиця 31 с.240];

K_{sm} – коефіцієнт, що враховує матеріал деталі; $K_{sm} = 1,07$ [7, таблиця 31 с.240].

$$K_{so} = 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 0,8 \cdot 0,62 \cdot 1,07 = 0,37$$

$$S_o = 0,4 \cdot 0,37 = 0,14 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,14 \text{ мм/об.}$

Розраховуємо швидкість різання за формулою [7]:

$$V = V_T \cdot K_v \quad (1.31)$$

де V_T - табличне значення швидкості різання; $V_T = 304$ м/хв [7, таблиця 36, с.243];

K_v - поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується по формулі:

$$K_v = K_{vm} \cdot K_{vi} \cdot K_{vf} \cdot K_{vm} \cdot K_{vj} \cdot K_{vn} \cdot K_{vo} \quad (1.32)$$

де K_{vm} - коефіцієнт що враховує оброблюваність матеріалу; $K_{vm} = 0,8$ [2, таблиця.1, с.22];

K_{vi} - коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу інструменту; $K_{vi} = 1$, [2, таблиця 37, с.244];

K_{vf} - коефіцієнт, що враховує вплив кута в плані; $K_{vf} = 1$ [2, таблиця 37, с.244];

K_{vm} - коефіцієнт, що враховує вид обробки; $K_{vm} = 0,6$ [2, таблиця 37, с.244];

K_{vj} - коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи; $K_{vj} = 0,6$, [2, таблиця 37, с.244];

K_{vn} - коефіцієнт, що враховує стан оброблюваної поверхні; $K_{vn} = 1$, [2, таблиця 37, с.244];

K_{vo} - коефіцієнт, що враховує вплив МОР; $K_{vo} = 1$ [2, таблиця 37, с.244].

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 = 0,288$$

$$V = 304 \cdot 0,288 = 87,55 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою [8]:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (1.33)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 87,55}{3,14 \cdot 438,88} = 64,2 \text{ об/хв}$$

Обираємо частоту обертання $n = 64$ об/хв., меншу ніж розрахункову, так як за рахунок цього стійкість інструменту буде більшою.

Знаходимо дійсну швидкість різання за формулою [7]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \quad (1.34)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 438,88 \cdot 64}{1000} = 89,5 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою [8]:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V_d^n \cdot K_p \quad (1.35)$$

де C_p - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу за одиницю вимірювання; $C_p = 68$ [8, таблиця 32 стор. 281];

x, y, n – показники степеня які залежать від глибини різання та швидкості різання; $x=1, y=0,75, n=-0,15$ [8, таблиця 32 стор. 291];

K_p – ряд коефіцієнтів, які враховують фактичні умови різання [8]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (1.36)$$

де K_{mp} – коефіцієнт на характеристику механічних властивостей обробляемого матеріалу; $K_{mp} = 1,14$ [8, стор. 273-274];

$K_{\gamma p}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив переднього кута різця на сили різання; $K_{\gamma p} = 1,1$ [8, стор. 273-274];

$K_{\varphi p}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив головного кута різця на сили різання; $K_{\varphi p} = 1$ [8, стор. 273-274];

$K_{\lambda p}$ – коефіцієнт, враховуючий вплив кута нахилу головної ріжучої кромки на сили різання; $K_{\lambda p} = 1$ [8, стор. 273-274];

K_{rp} – коефіцієнт враховуючий вплив радіуса закруглення на сили різання; $K_{rp} = 0,93$ [8, стор. 273-274].

$$K_p = 1,14 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,16$$

$$P_z = 10 \cdot 68 \cdot 1,5^1 \cdot 0,14^{0,75} \cdot 896,5^{-0,15} \cdot 1,16 = 118,32 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання за формулою [8]:

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} \quad (1.37)$$

$$N = \frac{118,32 \cdot 89,5}{1020 \cdot 60} = 0,17 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}} = 13,5 \text{ кВт}$ [15].

$$0,17 < 13,5 \text{ кВт}$$

Операція 070. Свердлильна

Операційний ескіз обробки деталі показан на рис. 1.8.

Верстат свердлильний Heinbohr RDM -1600.

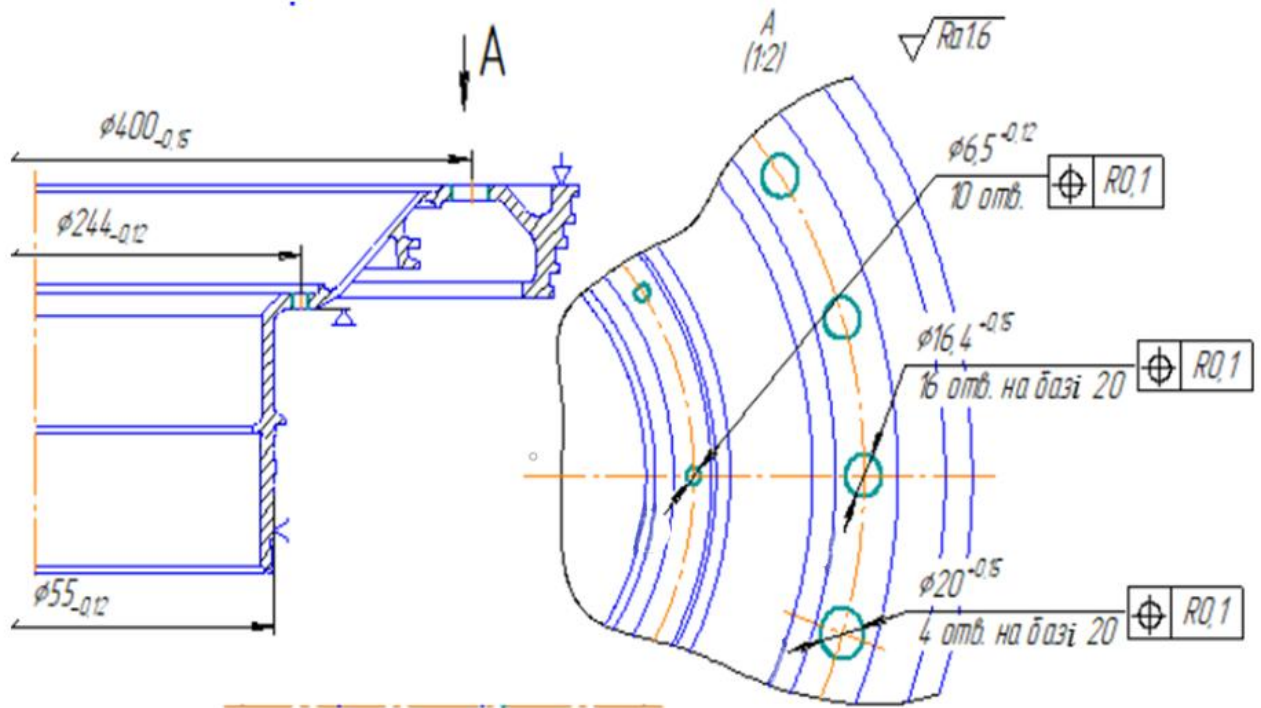


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз до операції №070

Свердлити 10 отворів $\varnothing 6$.

Свердло спіральне $\varnothing 6$ P6M5 з конічним хвостовиком ГОСТ 10903-77.

Призначаємо глибину різання [8]:

$$t = \frac{D}{2} \quad (1.38)$$

$$t = \frac{6}{2} = 3 \text{ мм}$$

Призначаємо табличну подачу. $S_T=0,11 \text{ мм/об}$ [7, таблиця 64, стр. 267].

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

Визначаємо коефіцієнт, що враховується при визначенні розрахункової подачі на свердлінні за формулою:

$$K_{so} = K_{sl} \cdot K_{su} \cdot K_{sd} \cdot K_{sz} \cdot K_{sj} \cdot K_{sm} \quad (1.39)$$

де K_{sl} – коефіцієнт, що враховує глибину свердління; $K_{sl}=1,0$ [7, таблиця 65, с. 267];

K_{su} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту; $K_{su}=1,0$ [7, таблиця 65, с. 267];

K_{sd} – коефіцієнт, що враховує; оброблюваного отвору, $K_{sd}=1,0$ [7, таблиця 65, с. 267];

K_{sj} – коефіцієнт, що враховує жорсткість технологічної системи; $K_{sj}=1,0$ [7, таблиця 65, с. 267];

K_{sm} – коефіцієнт, що враховує матеріал оброблюваної поверхні; $K_{sm}=0,75$ [7, таблиця 65, с. 267].

$$K_{so} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,75$$

$$S_o = 0,11 \cdot 0,75 = 0,08 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,08 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання обираємо за таблицею [7, таблиця 68 с.271,]: $V_{\text{табл}} = 8,5 \text{ м/хв}$.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31).

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується за формулою (1.32):

$$K_v = 0,8 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73$$

$$V = 8,5 \cdot 0,73 = 6,2 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою (1.33):

$$n = \frac{1000 \cdot 6,2}{3,14 \cdot 6} = 328,08 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо частоту обертання свердла по паспорту верстата: $n_b=300$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.34):

$$V = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 300}{1000} = 5,6 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою [8]:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p \quad (1.40)$$

де q, y - показники степеня які залежать від глибини різання; $q=2, y=0,8$ [8, таблиця 32, стор.281];

C_m - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу за одиницю оберту; $C_m = 0,041$ [8, стор.291];

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу; $K_p=1,2$ [8, стор.264-265].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 6^2 \cdot 0,08^{0,8} \cdot 1,2 = 1,7 \text{ Н/м}$$

Визначаємо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n_b}{9750} \quad (1.41)$$

$$N = \frac{1,7 \cdot 300}{9750} = 0,05 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=5,39$ кВт [15].

$$0,05 < 5,39 \text{ кВт}$$

Зенкерування 10 отворів $\varnothing 6,5^{+0,12}$

Інструмент: зенкер D=6,5 мм HSS RUKO 102221R.

Глибину різання визначаємо за формулою [8]:

$$t = \frac{d_{\text{зенк}} - d_{\text{св}}}{2} \quad (1.42)$$

$$t = \frac{6,5 - 6}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Призначаємо табличну подачу. $S_r=0,1$ мм/об [7, таблиця 64, стр. 267].

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

Визначаємо коефіцієнт, що враховується при визначенні розрахункової подачі на зенкеруванні за формулою (1.30):

$$K_{s_o} = 0,25 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,18$$

$$S_o = 0,1 \cdot 0,18 = 0,11 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання обираємо за таблицею [7, таблиця 68 с.271,]: $V_{\text{табл}} = 8,5$ м/хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31).

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується за формулою (1.32):

$$K_v = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,64$$

$$V = 8,5 \cdot 0,64 = 5,44 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою (1.33):

$$n = \frac{1000 \cdot 5,44}{3,14 \cdot 6,5} = 266,5 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо частоту обертання свердла по паспорту верстата: $n_v=250$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.34):

$$V = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 250}{1000} = 5,1 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою [8]:

$$M_{кр} = 10C_m \cdot D^q \cdot t^x \cdot s^y \cdot K_p \quad (1.43)$$

де q, y, x - показники степеня які залежать від глибини різання; $q=1, y=0,2, x=0,8$ [8, таблиця 32, стор.281];

C_m - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу за одиницю оберту; $C_m = 0,106$ [8, стор.291];

K_p - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу; $K_p=1$ [8, стор.264-265].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,106 \cdot 6,5^1 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1 = 1,2 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.41):

$$N = \frac{1,2 \cdot 250}{9750} = 0,03 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{різ} < N_{шп}$$

де $N_{шп}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{шп}=5,39 \text{ кВт}$ [15].

$$0,03 < 5,39 \text{ кВт}$$

Свердлити 16 отворів $\varnothing 16$.

Свердло спіральне $\varnothing 16 \text{ Р6М5}$ з конічним хвостовиком ГОСТ 10903-77.

Призначаємо глибину різання за формулою (1.38):

$$t = \frac{16}{2} = 8 \text{ мм}$$

Призначаємо табличну подачу. $S_T=0,11 \text{ мм/об}$ [7, таблиця 64, стр. 267].

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

Визначаємо коефіцієнт, що враховується при визначенні розрахункової подачі на свердлінні за формулою(1.39):

$$K_{so} = 0,29 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,2$$

$$S_o = 0,11 \cdot 0,2 = 0,02 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,02$ мм/об.

Швидкість різання обираємо за таблицею [7, таблиця 68 с.271,]: $V_{\text{табл}} = 12$ м/хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31).

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується за формулою (1.32):

$$K_v = 0,8 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,73$$

$$V = 12 \cdot 0,73 = 8,7 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою (1.33):

$$n = \frac{1000 \cdot 8,7}{3,14 \cdot 16} = 173,1 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо частоту обертання свердла по паспорту верстата: $n_v = 150$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.34):

$$V = \frac{3,14 \cdot 16 \cdot 150}{1000} = 7,53 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою (1.40):

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 16^2 \cdot 0,02^{0,8} \cdot 1,2 = 5,03 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.41):

$$N = \frac{5,03 \cdot 150}{9750} = 0,07 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=5,39$ кВт [15].

$$0,07 < 5,39 \text{ кВт}$$

Зенкерування 16 отворів $\varnothing 16,5^{+0,12}$

Інструмент: зенкер $D=16,5$ мм HSS RUKO 102228R.

Глибину різання визначаємо за формулою (1.42):

$$t = \frac{16,5 - 16}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Призначаємо табличну подачу. $S_T=0,1$ мм/об [7, таблиця 64, стр. 267].

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

Визначаємо коефіцієнт, що враховується при визначенні розрахункової подачі на зенкеруванні за формулою (1.39):

$$K_{so} = 0,29 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,96$$

$$S_o = 0,1 \cdot 0,96 = 0,096 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,1$ мм/об.

Швидкість різання обираємо за таблицею [7, таблиця 68 с.271,]: $V_{\text{табл}} = 14,2$ м/хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31).

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується за формулою (1.32):

$$K_v = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,64$$

$$V = 14,2 \cdot 0,64 = 9,08 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою (1.33):

$$n = \frac{1000 \cdot 9,08}{3,14 \cdot 16,5} = 175,2 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо частоту обертання свердла по паспорту верстата: $n_v=150$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.34):

$$V = \frac{3,14 \cdot 16,5 \cdot 150}{1000} = 7,7 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою (1.43):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,106 \cdot 16,5^1 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,1^{0,2} \cdot 1 = 3,1 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.41):

$$N = \frac{3,1 \cdot 150}{9750} = 0,04 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{різ} < N_{шт}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=5,39$ кВт [15].

$$0,04 < 5,39 \text{ кВт}$$

Свердлити 4 отворів $\varnothing 19,5^{+0,15}$.

Свердло спіральне $\varnothing 19,5$ Р6М5 з конічним хвостовиком ГОСТ 10903-77.

Призначаємо глибину різання за формулою (1.38):

$$t = \frac{19,5}{2} = 9,75 \text{ мм}$$

Призначаємо табличну подачу. $S_T=0,15$ мм/об [7, таблиця 64, стр. 267].

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

Визначаємо коефіцієнт, що враховується при визначенні розрахункової подачі на свердлінні за формулою(1.39):

$$K_{so} = 0,29 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,23$$

$$S_o = 0,15 \cdot 0,23 = 0,03 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,03$ мм/об.

Швидкість різання обираємо за таблицею [7, таблиця 68 с.271,]: $V_{\text{табл}} = 16$ м/хв.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31).

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується за формулою (1.32):

$$K_v = 0,8 \cdot 0,91 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,58$$

$$V = 16 \cdot 0,58 = 9,28 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою (1.33):

$$n = \frac{1000 \cdot 9,28}{3,14 \cdot 19,5} = 151,5 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо частоту обертання свердла по паспорту верстата: $n_b=150$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.34):

$$V = \frac{3,14 \cdot 19,5 \cdot 150}{1000} = 9,1 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою (1.40):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,041 \cdot 19,5^{0,7} \cdot 0,03^{0,8} \cdot 1,2 = 2,3 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.41):

$$N = \frac{2,3 \cdot 150}{9750} = 0,03 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{різ} < N_{шп}$$

де $N_{шп}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{шп}=5,39$ кВт [15].

$$0,03 < 5,39 \text{ кВт}$$

Зенкерування: 4 отворів $\varnothing 20^{+0,15}$

Інструмент: зенкер D=20 мм HSS RUKO 102526R.

Глибину різання визначаємо за формулою (1.42):

$$t = \frac{20 - 19,5}{2} = 0,25 \text{ мм}$$

Призначаємо табличну подачу. $S_T=0,1 \text{ мм/об}$ [7, таблиця 64, стр. 267].

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

Визначаємо коефіцієнт, що враховується при визначенні розрахункової подачі на зенкеруванні за формулою (1.39):

$$K_{so} = 0,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 0,75 = 0,12$$

$$S_o = 0,1 \cdot 0,12 = 0,012 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,01 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання обираємо за таблицею [7, таблиця 68 с.271,]: $V_{\text{табл}} = 13,5 \text{ м/хв}$.

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.31).

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання розраховується за формулою (1.32):

$$K_v = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 = 0,48$$

$$V = 13,5 \cdot 0,48 = 6,48 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо частоту обертів за формулою (1.33):

$$n = \frac{1000 \cdot 6,48}{3,14 \cdot 20} = 103,1 \text{ об/хв}$$

Уточнюємо частоту обертання свердла по паспорту верстата: $n_v=100$ об/хв.

Визначаємо фактичну швидкість різання за формулою (1.34):

$$V = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 100}{1000} = 6,28 \text{ м/хв}$$

Визначаємо величину крутильного моменту за формулою (1.43):

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,106 \cdot 20^1 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 0,01^{0,2} \cdot 1 = 1,9 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.41):

$$N = \frac{1,9 \cdot 100}{9750} = 0,01 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{різ} < N_{шп}$$

де $N_{шп}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{шп}=5,39$ кВт [15].

$$0,01 < 5,39 \text{ кВт}$$

Операція 120. Шліфувальна.

Операційний ескіз обробки деталі показан на рис.1.9.

Верстат Внутрішшліфувальний Si-8.

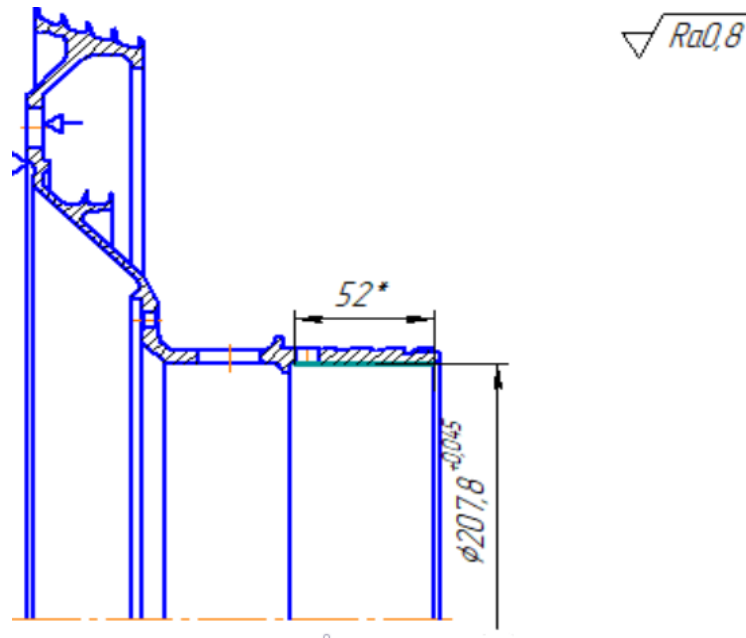


Рисунок 1.9 - Операційний ескіз до операції №120

Шліфувати поверхню $\varnothing 207,8^{+0,03}$

Шліфувальний круг 5 63x50x20 24AF60M K5 ГОСТ 2424-83.

Призначаємо припуск [7, таблиця 169, с. 351] $t=0,01$ мм/об.

Призначаємо поздовжню подачу [7, таблиця 164, с.347] $S_{пз}=0,03$ м/хв.

Розраховуємо S_o за формулою (1.29).

$$K_{so} = 0,4 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 0,6$$

$$S_o = 0,03 \cdot 0,6 = 0,018 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S_o = 0,018$ мм/об.

Табличну швидкість обертання заготовки обираємо за [7, табл.168 с.350,]: $V_{\text{дет}} = 25 \text{ м/хв}$.

Частоту обертання деталі визначаємо за формулою (1.33):

$$n_d = \frac{1000 \cdot 25}{3,14 \cdot 207,8} = 39,3 \text{ об/хв}$$

Розраховуємо частоту обертання шліфувального круга за формулою [8]:

$$n_{\text{кр}} = \frac{1000 \cdot V_{\text{кр}} \cdot 60}{\pi \cdot D_{\text{кр}}} \quad (1.44)$$

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

Приймаємо частоту обертання $n_{\text{кр}} = 10600 \text{ об/хв}$, $n_d = 40 \text{ об/хв}$.

Визначаємо фактичну швидкість різання деталі за формулою (1.34):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 207,8 \cdot 40}{1000} = 26 \text{ м/хв}$$

Розраховуємо фактичну швидкість шліфувального круга за формулою [8]:

$$V_{\text{кр}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60} \quad (1.45)$$

$$V_{\text{кр}} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 10600}{1000 \cdot 60} = 35 \text{ м/с}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання при шліфуванні за формулою [8]:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_p^x \cdot d^q \cdot b^z \quad (1.46)$$

де C_N – коефіцієнт, що враховує вплив оброблюваного матеріалу; $C_N=0,14$ [8, таблиця 56, стор. 303];

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

d – діаметр шліфування, мм;

b – ширина шліфування, мм.

$$N = 0,14 \cdot 26,09^{0,8} \cdot 0,006^{0,8} \cdot 207,8^{0,2} \cdot 5^1 = 2,7 \text{ кВт}$$

Визначений режим різання перевіряємо по потужності верстата.

Обробка можлива, якщо

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}}$$

де $N_{\text{шп}}$ – потужність на шпинделі верстату; $N_{\text{шп}}=4,29$ кВт [15].

$$2,7 < 4,29 \text{ кВт}$$

1.7 Технічне нормування операцій

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва встановлюються розрахунково-аналітичним методом.

У серійному виробництві основний час визначається за формулою [9]:

$$t_o = \frac{L}{n \cdot s} \text{ i } \text{ хв} \quad (1.47)$$

де L – величина врізання, мм;

n – частота обертання, об/хв;

s - подача, мм/об;

i - кількість проходів на операції.

Допоміжний час визначається за формулою [9]:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{ін}} + t_{\text{зм.ін}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}} \quad (1.48)$$

де t_y - час на установку і зняття деталі, хв. [9, карта 15, стор.239];

$t_{\text{ін}}$ - час на підведення і відведення інструменту, хв[9, карта 18, стор.243];

$t_{\text{зм.ін}}$ - час на заміну інструменту, хв. [9, карта 70, стор.612];

$t_{\text{упр}}$ - час на управління верстатом, хв.[9, карта 21, стор.261];

$t_{\text{контр}}$ – часна вимірювання,хв. [9, карта 22, стор.270].

Оперативний час визначається за формулою [9]:

$$t_{\text{оп}} = t_o + t_{\text{доп}} \quad (1.49)$$

Додатковий час визначається за формулою [9]:

$$t_{\text{дод}} = a_{\text{обсл}} + a_{\text{відп}} = 15\% \text{ від } t_{\text{оп}} \quad (1.50)$$

де $a_{\text{обсл}}$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця, відсоток від оперативного часу;

$a_{\text{відп}}$ - час на відпочинок і особисті потреби.

Штучний час визначається за формулою [9]:

$$T_{\text{шт}} = t_{\text{оп}} + t_{\text{доп}} + t_{\text{дод}} \quad (1.51)$$

Підготовчо- заключний час визначається за формулою [9]:

$$T_{\text{пз}} = t_{\text{пз 1}} + t_{\text{пз 2}} + t_{\text{обр}} \quad (1.52)$$

де $t_{п.з. 1}$ — час на отримання наряду, технологічної документації на початку роботи и здача в кінці зміни [9, карта 50, стр.500];

$t_{п.з.2}$ — час на наладку верстата, пристосування, інструмента [9, карта 56, стр.521];

$t_{обр}$ — час на обробку першої деталі.

Норму штучно-калькуляційного часу знаходимо за формулою [9]:

$$T_{ш.к.} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} \quad (1.53)$$

де $T_{п.з.}$ - підготовчо-заклучний час, хв.;

n - кількість деталей в настроювальній партії, шт.

$T_{шт.т.}$ - штучний час, час виготовлення однієї деталі.

Операція №20 Токарна з ЧПК

Виконуємо нормування операції:

Визначаємо основний час на переходах за формулою (1.47):

$$t_{o1} = \frac{54,4}{0,3 \cdot 70} = 2,5 \text{ хв.}$$

,

$$t_{o2} = \frac{104,2}{0,3 \cdot 70} = 4,9 \text{ хв.}$$

,

$$t_{o3} = \frac{11,3}{0,3 \cdot 70} = 0,5 \text{ хв.}$$

,

$$t_{o4} = \frac{42}{0,3 \cdot 70} = 2 \text{ хв.}$$

,

$$t_{o5} = \frac{14,7}{0,3 \cdot 70} = 0,7 \text{ хв.}$$

,

$$t_{06} = \frac{30,3}{0,3 \cdot 70} = 1,4 \text{ хв.}$$

,

$$t_{07} = \frac{45}{0,3 \cdot 70} = 2,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо сумарний машинний час обробки на операції за формулою:

$$T_{o\Sigma} = t_{\text{маш}1} + t_{\text{маш}2} + \dots + t_{\text{маш}n} \quad (1.54)$$

$$T_{o\Sigma} = 2,5 + 4,9 + 0,5 + 2 + 0,7 + 1,4 + 2,1 = 14,1 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.48):

$$t_{\text{доп}} = 0,67 + 0,3 + 0,45 + 0,91 = 5,03 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.49):

$$t_{\text{оп}} = 14,1 + 5,03 = 19,13 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.50):

$$t_{\text{дод}} = 0,15 \cdot 19,13 = 2,8 \text{ хв.}$$

За формулою (1.51) визначаємо штучний час:

$$T_{\text{шт}} = 12,1 + 5,03 + 2,8 = 19,93 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо- заключний час за формулою (1.52):

$$T_{пз} = 12 + 6,2 + 14,1 = 32,3 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.53):

$$T_{ш.к.} = 19,31 + \frac{32,3}{200} = 19,42 \text{ хв.}$$

Операція 070. Свердлильна

Розраховуємо основний час обробки за формулою (1.47):

$$t_{o1} = \frac{10}{0,1 \cdot 300} \cdot 10 = 3,3 \text{ хв.}$$

$$t_{o2} = \frac{8,13}{0,1 \cdot 250} \cdot 10 = 3,2 \text{ хв.}$$

$$t_{o3} = \frac{10}{0,1 \cdot 200} \cdot 16 = 8 \text{ хв.}$$

$$t_{o4} = \frac{11,25}{0,1 \cdot 200} \cdot 16 = 9 \text{ хв.}$$

$$t_{o5} = \frac{10}{0,1 \cdot 150} \cdot 4 = 2,6 \text{ хв.}$$

$$t_{o6} = \frac{12,3}{0,1 \cdot 100} \cdot 4 = 4,92 \text{ хв.}$$

Визначаємо сумарний машинний час на операцію за формулою (1.54):

$$T_{o\Sigma} = 3,3 + 3,2 + 8 + 9 + 2,6 + 4,92 = 31,02 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.48):

$$t_{\text{доп}} = 0,65 + 0,52 + 0,26 + 0,86 + 0,6 = 2,89 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.49):

$$t_{\text{оп}} = 31,02 + 2,89 = 33,91 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.50):

$$t_{\text{дод}} = 0,15 \cdot 33,91 = 5,08 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.51):

$$T_{\text{шт}} = 33,91 + 2,89 + 5,08 = 41,88 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо- заключний час за формулою (1.52):

$$T_{\text{пз}} = 10 + 11 + 31,02 = 51,02 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.53):

$$T_{\text{ш.к.}} = 41,88 + \frac{51,02}{200} = 42,13 \text{ хв.}$$

Операція 120. Шліфувальна

Визначаємо машинний час обробки за формулою [9]:

$$T_o = \frac{L \cdot h}{n_d \cdot s_{пз} \cdot s_o} \cdot K \cdot i \quad (1.55)$$

де h – припуск на сторону, мм;

n_d – частота обертання деталі, хв^{-1} ;

$s_{пз}$ – повздовжня подача;

s_o – радіальна подача;

K – коефіцієнт точності; $K = 1,2$;

i – кількість переходів.

$$T_o = \frac{52 \cdot 0,001}{39,3 \cdot 0,03 \cdot 0,018} \cdot 1,2 \cdot 10 = 5,6 \text{ хв.}$$

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.48):

$$t_{\text{доп}} = 0,65 + 0,52 + 0,26 + 0,86 = 2,87 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час за формулою (1.49):

$$t_{\text{оп}} = 5,6 + 2,87 = 8,47 \text{ хв.}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.50):

$$t_{\text{дод}} = 0,15 \cdot 8,47 = 1,2 \text{ хв}$$

Визначаємо штучний час за формулою (1.51):

$$T_{\text{шт}} = 8,47 + 2,87 + 1,2 = 12,54 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо- заключний час (1.52):

$$T_{\text{пз}} = 9 + 14 + 5,02 = 28,02 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час за формулою (1.53):

$$T_{\text{ш.к.}} = 12,54 + \frac{28,02}{200} = 12,6 \text{ хв.}$$

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті MDW-20S.

Обрана схема базування дозволяє поєднати вісь Z верстата з віссю обертання деталі, а вісь X - з торцем, за яким здійснюється базування - упор. Це полегшує розрахунок координат опорних точок, так як вісь X при такій схемі збігається з однією з основних вимірювальних баз. Також дана схема значно знижує похибку установки для поверхонь, які прив'язуються розмірами до цієї бази.

Таким чином, початок координат верстата знаходиться на перетині осі обертання деталі і лінії, по якій здійснюється її упор.

У лівій частині рисунка показан обраний ріжучий інструмент. Токарний різець моделі ISCAR PCLCR/L 1212K-09S-JHP має ромбоподібну пластинку характеристики якої вказані на рис.1.10.

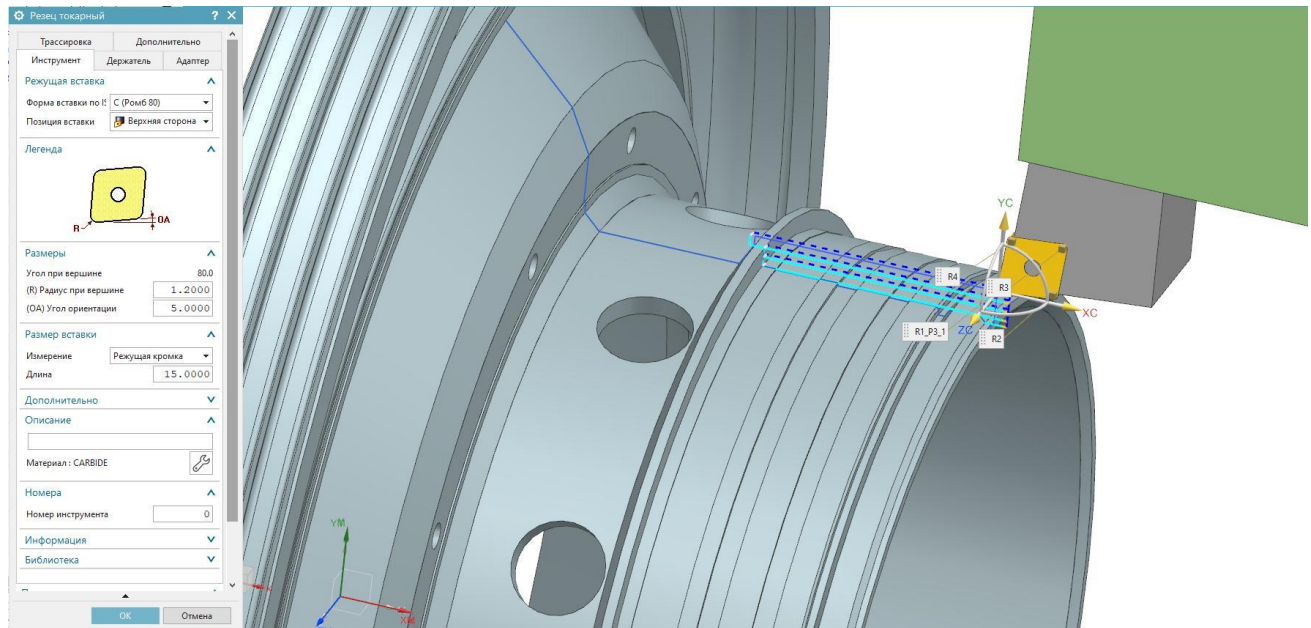


Рисунок 1.10 – Характеристика режущего инструмента на токарную операцию

На рис.1.11 та 1.12 показана траектория ruchu обраного інструменту.

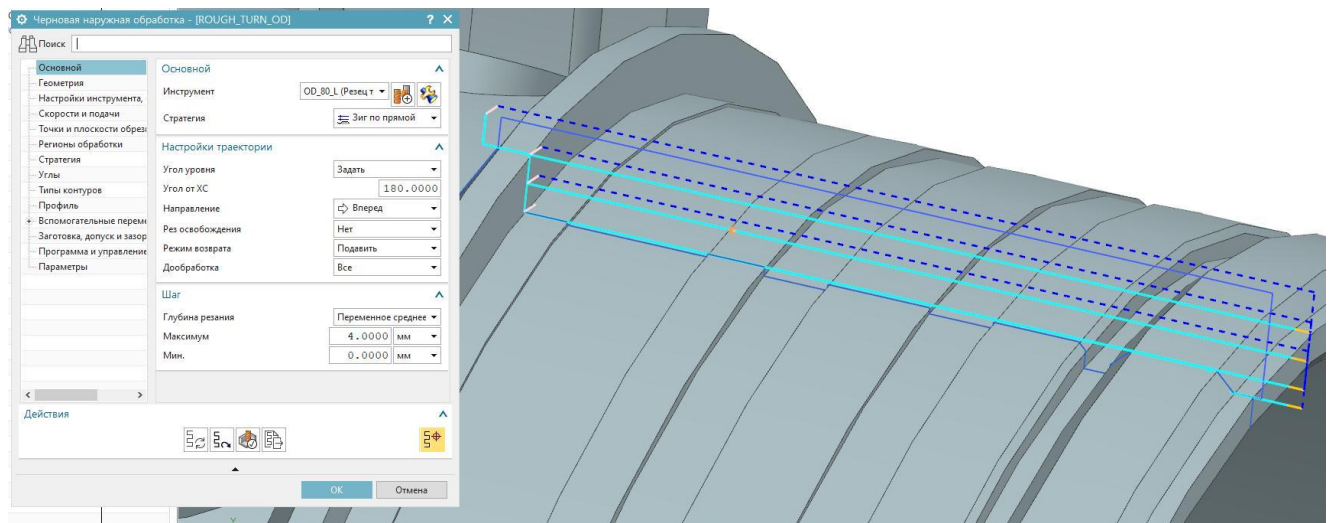


Рисунок 1.11 – Траектория на токарную операцию в NX

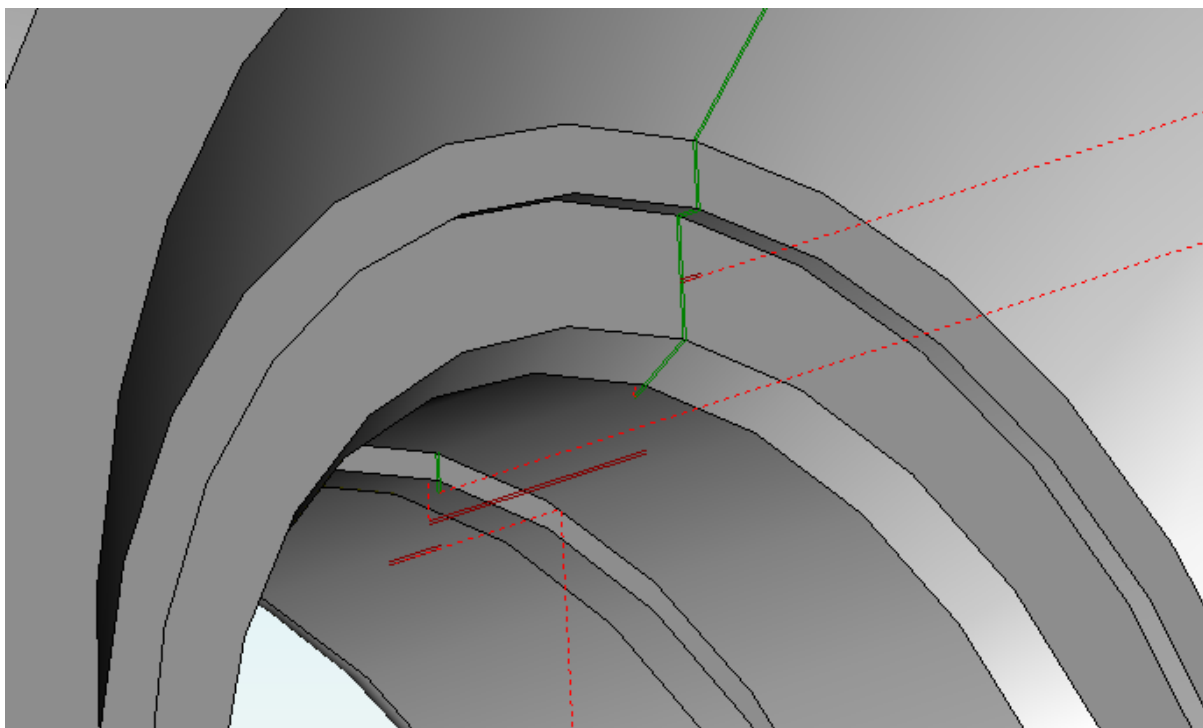


Рисунок 1.12 - Траєкторія руху інструментів 3D

В правій частині рис.1.13 показана керуюча программа обробки поверхні деталі.

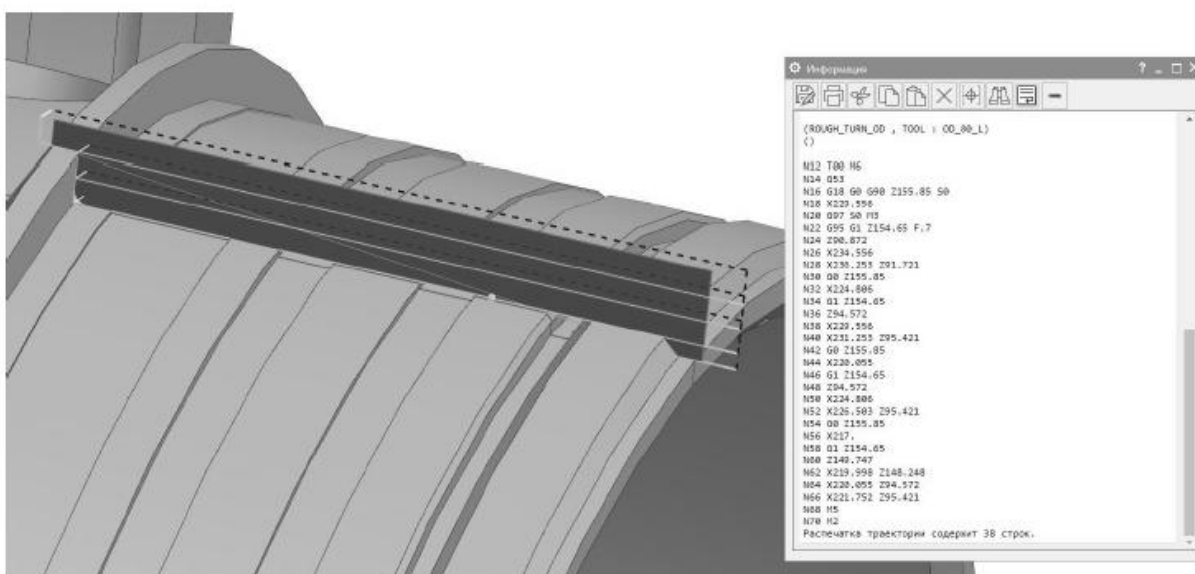


Рисунок 1.13- Керуюча програма токарної операції в NX

Згідно даної розробки програми на токарну операцію можна зробити висновок, що ріжучий інструмент обраний вірно так як він дозволяє оброблювати всі поверхні на данній операції.

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Операція виконується на свердлильному верстаті Heinbohr RDM -1600.

На рис 1.4 показан обраний інструмент та його характеристики для обробки отворів.

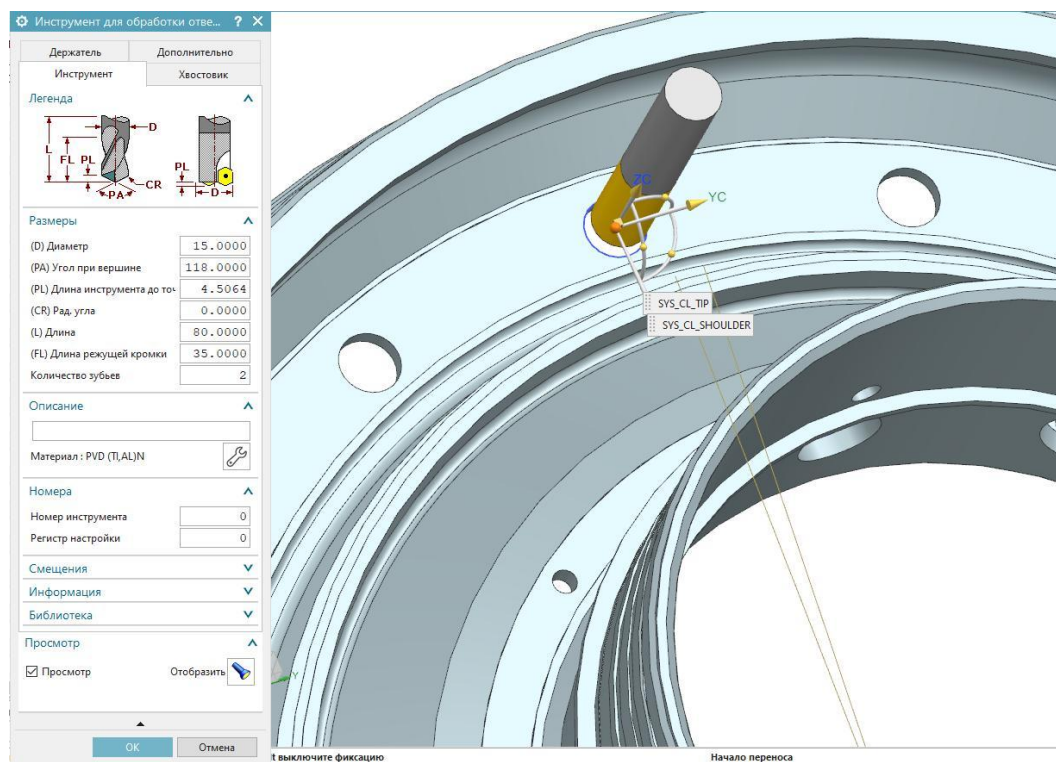


Рисунок 1.14 – Характеристика ріжучого інструменту на свердлильну операцію

В правій частині рис. 1.15 показана керуюча програм мата рух інструменту на свердлильну операцію для обробки отворів.

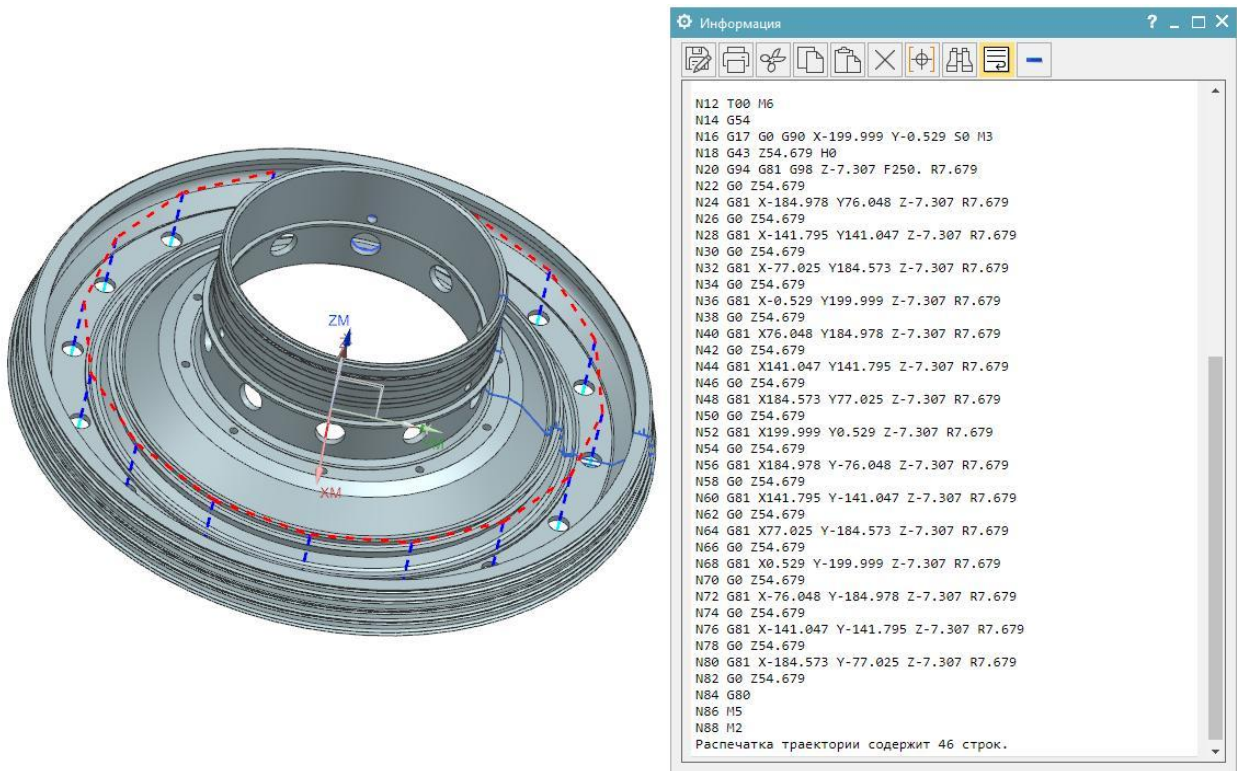


Рисунок 1.15 – Керуюча програма на свердлильну операцію в NX

Згідно виконаної розробки керуючої програми на свердлильну операцію можна зробити висновок, що даний річучий інструмент дозволяє оброблювати всі поверхні на данній операції, отже він обраний вірно.

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Операція виконується на фрезерному верстаті з ЧПК Hermle C50. На рис. 1.16 показана траєкторія руку інструменту та його характеристики.

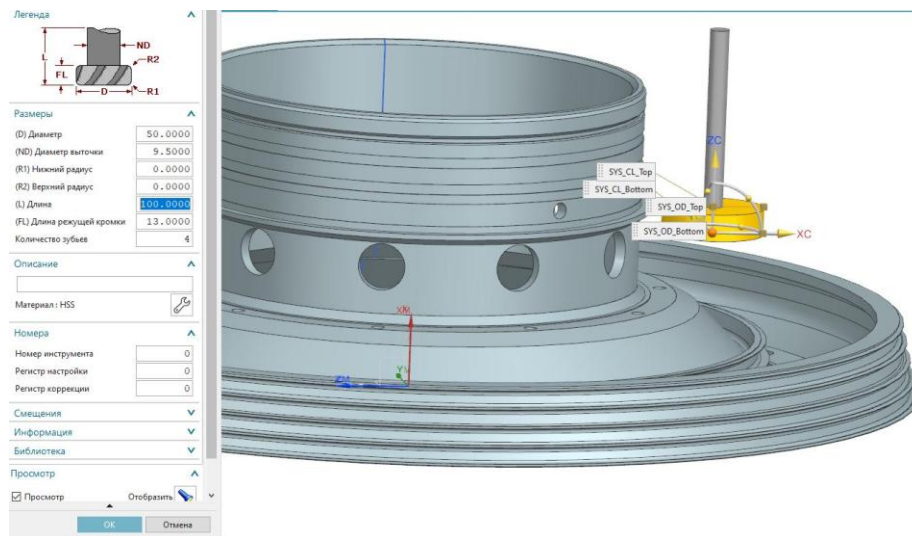


Рисунок 1.16- Траєкторія руху інструменту на фрезерну операцію

На рис 1.17 в правій частині показана куруюча программа обробки на фрезерну операцію.

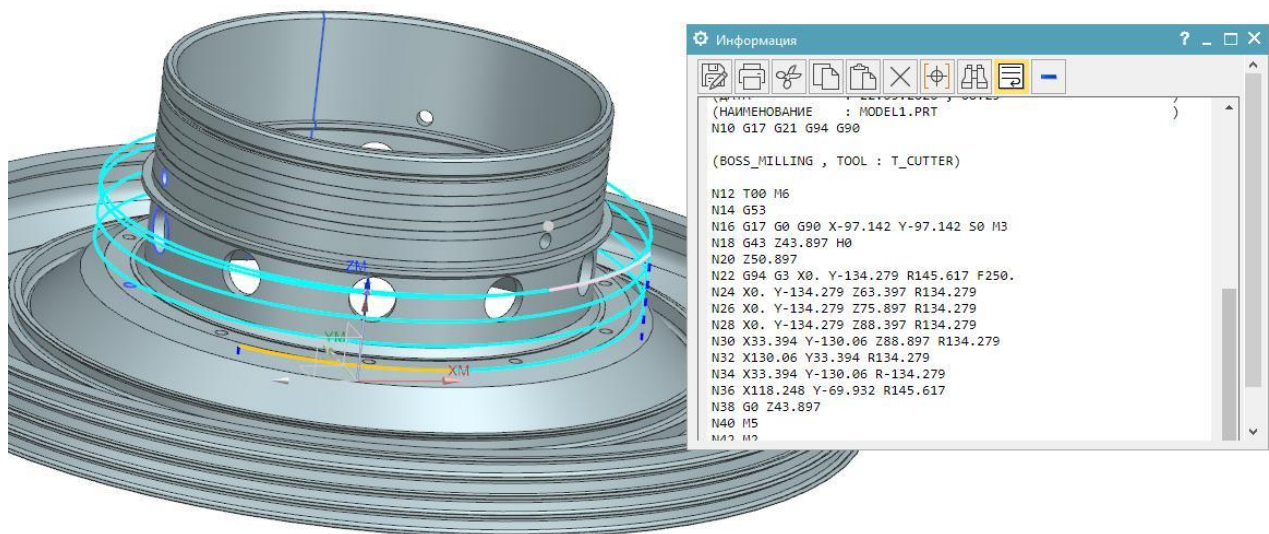


Рисунок 1.17 – Керуюча програма фрезерної обробки в програмі NX

Згідно розробки програми на фрезерну операцію можна зробити висновок, що річучий інструмент обраний вірно так як він дозволяє оброблювати данну поверхню на операції.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Технологічне оснащення грає важливу роль в інтенсифікації виробництва деталей, тому на підприємствах питанням застосування проектування і виготовлення пристосувань приділяють важливу роль. Це пояснюється тим, що оснащення технологічних операцій механічної обробки заготовок верстатними пристосуваннями вимагає великої затрати коштів і праці. Оптимальна конструкція пристосування дозволяє отримати необхідну точність заготовки при забезпеченні високої продуктивності процесу, безпеки експлуатації та зниження стомленості робітника [11].

Для встановлення деталі на внутрішшліфувальний станок Si-8 використовується пристосування для шліфування внутрішнього отвору деталі з гідроциліндром двохсторонньої дії.

Пристосування для шліфування наведено на рис 2.1. Деталь базується на плиті 3 і встановлюється на палець 10 і зрізаний палець 11. Плита 3 з'єднується з корпусом 2 за допомогою штифтів 7 і гвинтів 6. У корпусі є отвір, через яке проходить тяга 5. Тяга 5 з'єднана з гідроциліндром 1. Деталь притискається в двох місцях шайбою 8 і гайкою 9 через шток, який кріпиться на коромисло. Коромисло в свою чергу прикріплено до тяги 5. Таким чином деталь позбавлена всіх ступенів свободи. Через клапани в гідроциліндр подається рідина, яка змушує рухатися шток 12 в потрібному напрямку, посилюючи хват тяги, або послабляючи його.

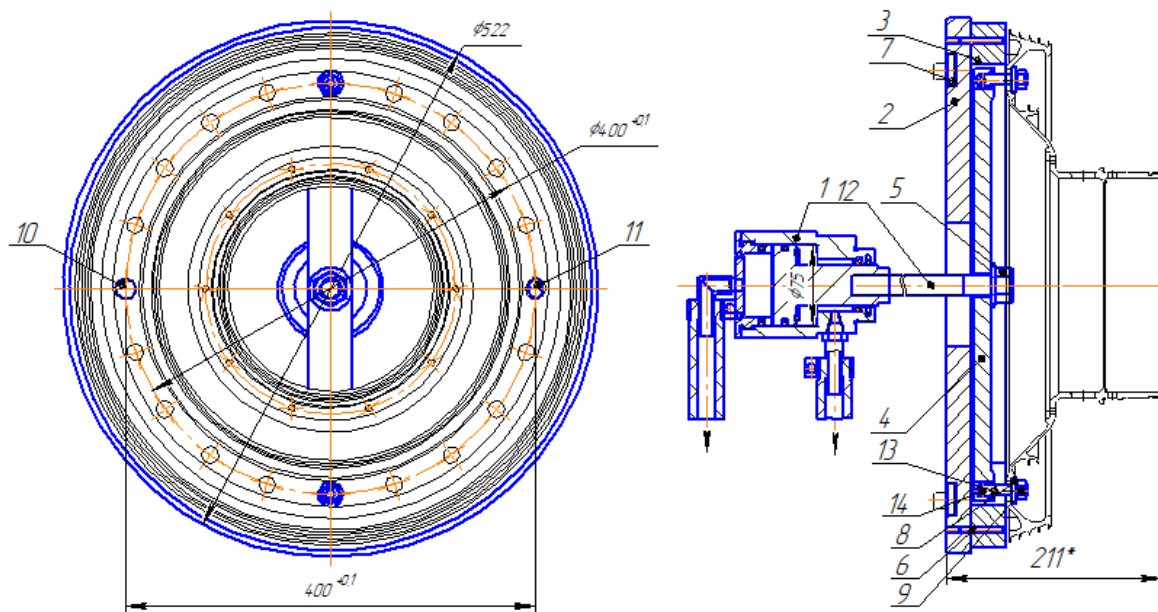


Рисунок 2.1 – Пристосування для шліфування

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

Похибка установки визначається за формулою [12]:

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.1)$$

де ε_6 – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення.

Схема установки деталі в пристосування наведено на рисунку 2.2.

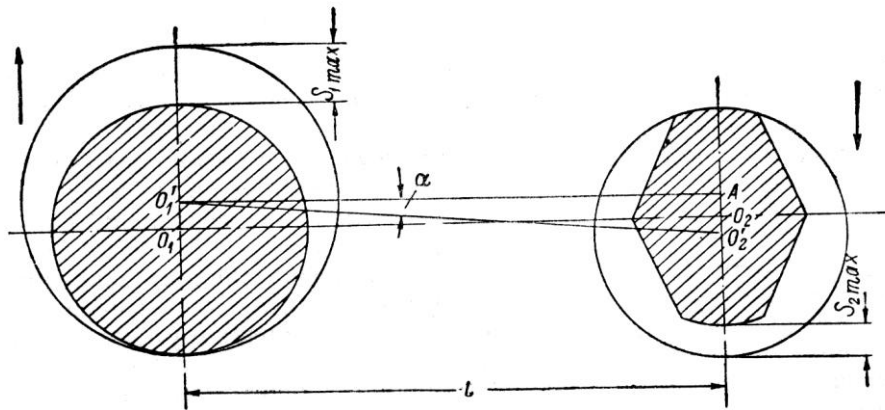


Рисунок 2.2 - Схема для визначення граничного зміщення (повороту) деталі при установці по площині на циліндричний і зрізаний пальці.

$$\varepsilon_6 = O_2' A \quad (2.2)$$

де O_2' - величина зміщення повороту деталі при установці на циліндричний і зрізаний пальці;

A- граничний розмір.

$$O_2' A = \frac{S_{1 \max} + S_{2 \max}}{2} \quad (2.3)$$

де $S_{1 \max}$, $S_{2 \max}$ - максимальні зазори в сполученнях пальців з отворами.

За формулою (2.2) розраховуємо:

$$\varepsilon_6 = \frac{0,015 + 0,015}{2} = 0,015 \text{ мм}$$

У нашому випадку похибка закріплення $\varepsilon_3 = 0,011$ мм.

Похибку установки розраховуємо за формулою (2.1):

$$\varepsilon_{\text{уст}} = \sqrt{0,015^2 + 0,011^2} = 0,018 \text{ мм}$$

Розраховуємо фактичну точність за формулою [12]:

$$\varepsilon_p = \varepsilon_{\text{уст}} + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_{\text{вим}} + \Delta_{\text{зус}} + \Delta_t \quad (2.4)$$

де $\varepsilon_{\text{уст}}$ - похибка установки;

Δ_p - похибка передавального пристрою [12]; $\Delta_p=0$;

Δ_e - похибка виготовлення еталонної деталі [12]; $\Delta_e=0,05$;

$\Delta_{\text{вим}}$ – похибка обраного засобу вимірювання [12]; $\Delta_{\text{вим}}=0$;

$\Delta_{\text{зус}}$ - похибка, що виникає вимірюванням зусиллям за рахунок контактної деформації [12]; $\Delta_{\text{зус}}=0$;

Δ_t - похибка, яка викликана зміною температури навколишнього середовища [12]; $\Delta_t=0,01$.

$$\varepsilon_p = 0,018 + 0,005 + 0,01 = 0,033 \text{ мм}$$

Допустима похибка обробки = 0,046 мм, а так як розрахована похибка менше тому данне пристосування може буде використано при шліфуванні.

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

У даному пристосуванні для шліфування ми застосовуємо гідропривід. Робоча рідина в гідроприводі є одночасно носієм енергії і змащенням. При цьому вона зазнає впливу високих тисків, швидкостей і температур [11].

Гідропривод із замкнутою циркуляцією робочої рідини компактний, має невелику масу і допускає велику частоту обертання ротора насоса без небезпеки виникнення кавітації, оскільки в такій системі у всмоктуючій лінії тиск завжди вищий за атмосферний [11].

З переваг гідроприводів можна виділити те, що при малій масі є можливість одержання великих сил та обертальних моментів, передачі великих потужностей, просте керування та автоматизація, висока експлуатаційна надійність та стійкість до перевантажень та ін. [11, стр.102].

Силу затиску розраховуємо за формулою [11]:

$$Q = \frac{2M_{кр}}{D/2} \quad (2.5)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент на шліфувальну операцію, Н/м;

D - діаметр оброблюваної поверхні.

$M_{кр}$ визначаємо за формулою [11]:

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot N}{n}$$

де N – потужність, що потрібне на різання, кВт (визначена в пункті 1.5) ;

n – частота обертів круга (визначена у пункті 1.5).

$$M_{кр} = \frac{9550 \cdot 2,7}{10000} = 2,5 \text{ Н/м}$$

$$Q = \frac{2 \cdot 2,5}{0,207} = 48,3 \text{ Н}$$

Діаметр гідроциліндра при зворотньому ході розраховуємо за формулою [11]:

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

де η – враховує втрати в гідроциліндрі [11]; $\eta = 0,85 \dots 0,95$ ККД ;

ρ – тиск стисненої рідини [11]; $\rho = 0,2 \dots 0,6$ МПа.

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 48,3}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,95}} = 11,3 \text{ м}$$

Для забезпечення надійної роботи пристосування приймаємо діаметр поршня 70 мм [11].

2.2 Проектування контрольного пристосування

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування.

Технічний контроль - це важлива частина системи управління якості продукції на машинобудівних підприємствах, вимоги до якості і надійності продукції повели за собою зростання витрат на технологічний контроль, наприклад, при виготовленні деталей авіаційних двигунів трудомісткість контролю складає близько 35% трудомісткості їх механічної обробки [14].

Пристосування (рис.2.2) призначене для контролю лінійних поверхонь. Пристрій складається з плити 1, яка спирається на 4 ніжки 4. В плиту 1 встановлюється вертикальна стійка 3, до якої кріпиться затискачем 9 гайкою 5 горизонтальна стійка 2, до якої в свою чергу кріпиться ще одна горизонтальна стійка 8. До стійки 8 за допомогою гвинта 6 кріпляться індикаторний годинник.

Розміри контролюються індикаторними годинами типу І ГОСТ 577-68 з межею вимірювань 0 ...2 мм, показання індикатора 0,01 мм, відповідає зміні розміру деталі 0,01 мм.

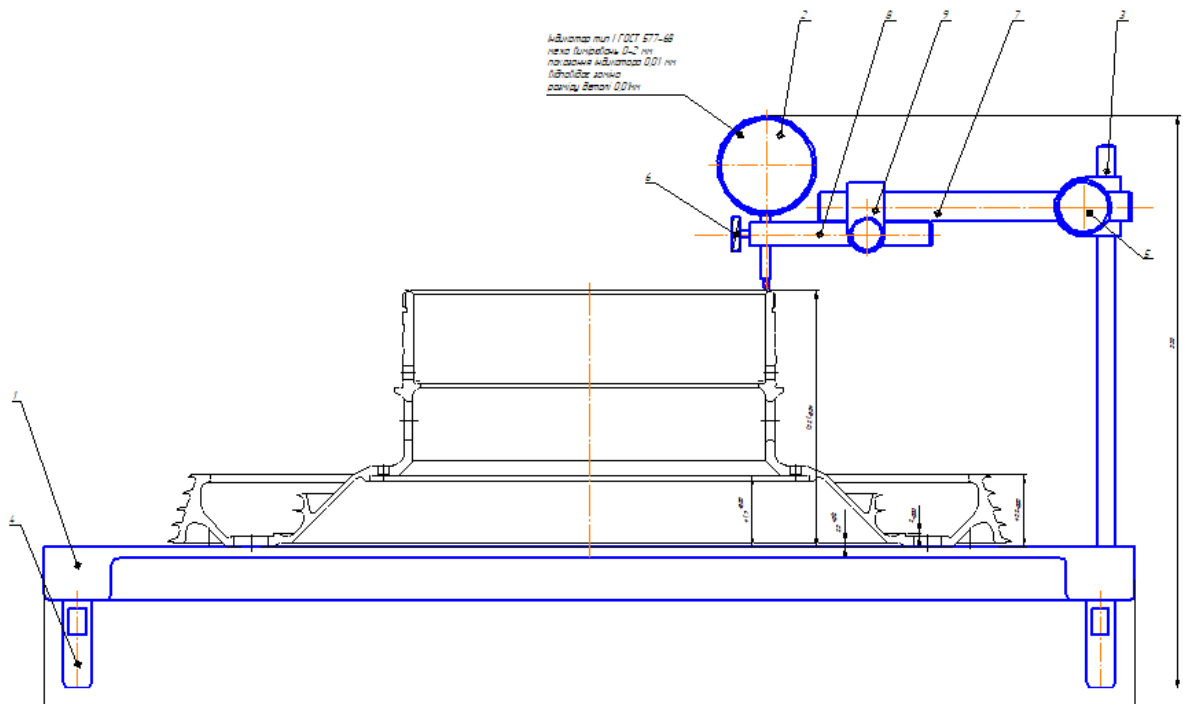


Рисунок 2.2 – Контрольне пристосування.

2.2.2 Розрахунок на точність

Так як прилад призначений для контролю лінійних розмірів, що в даному випадку є відносним виміром, то процедура настройки пристосування виконується безпосередньо на деталі.

Деталь ставиться на торець на плиту контрольного пристосування, після чого до контрольованого розміру підводиться щуп індикаторного годинника, за допомогою штатива, які регулюється по висоті і довжині. Щуп індикатора підводиться до деталі до торкання, при цьому стрілка індикатора встановлюється на нуль. Далі береться еталонна деталь яка виготовлена по номінальному розміру вимірюваної поверхні та виставляє індикаторний годинник на вимірюваний розмір. Після настройки годинника його щуп підводять до вимірюваної поверхні та перевіряють відхилення.

Розрахунок фактичної сумарної похибки контрольно-вимірювального пристосування.

Фактична сумарна похибка розраховується за формулою (2.4):

$$\varepsilon_p = 0,002 + 0,002 + 0,0032 = 0,0072 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_p \leq \frac{1}{3} T_d$$

$$0,0072 \leq 0,013$$

Так як сумарна похибка контрольно-вимірювального пристосування (КВП) не перевищує $1/3$ допустимого значення, значить застосована схема установки і експлуатації КВП нас цілком влаштовує.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ ВІДВОДУ СТРУЖКИ

В умовах автоматизованого виробництва стружка віддаляється різними пристроями, які в сукупності складають окрему транспортну систему. Залежно від розміщення обладнання та організації праці застосовуються дві автоматизовані системи збирання стружки:

- автономні конвеєри виносять стружку з верстатів в загальний конвеєр, який встановлюється поза виробничого обладнання;
- стружка транспортується магістральним конвеєром, який вбудовано безпосередньо в виробничу систему [13, стр.56].

Вибір того чи іншого принципу відведення стружки залежить від конкретних умов роботи автоматизованого обладнання (форми і розмірів стружки та ін.).

Транспортні конвеєри для прибирання стружки бувають механічними, пневматичними, гідравлічними й магнітними [13, стр.70].

До механічних конвеєрів які використовуються на виробництві відносяться стрічкові, скребкові, йоржеві, вібраційні, шнекові конвеєри.

В даний час із багатьох способів відводу стружки тільки гідравлічна і пневматична система можуть забезпечити гарантоване автоматичне відведення стружки із зони різання і виключити її потрапляння на поверхню верстата, транспортно-накопичувальних систем і базові поверхні пристосувань [13, стр.71].

Стрічковий конвеєр (рис. 3.3), представляє собою короб 1, в якому на барабанах 2 і 8 натягнута сталева стрічка 3 з прикріпленими (через крок) скребками 4. Барабану 8 повідомляється обертання від приводу 7. Для запобігання провисання стрічки передбачені опорні ролики 5. Стружка надходить на конвеєр через воронку 6, а виходить через похилу частину 10 короба. Натяг лепти регулюється пристроєм 9 [13, стр.95].

Скребкові конвеєри застосовують для транспортування дрібної роздробленої стружки. Вони бувають двох видів: нескінченна стрічка 1, на якій розташовані скребки (рис. 3.1, б), і штанга 2 зі скребками, що здійснюють зворотно-поступальний переміщення (рис. 3.1, в). Скребкові конвеєри дають можливість транспортувати стружку під значним кутом нахилу і ефективно працюють при перенесенні стружки на невеликі відстані [13, стр.135].

Йоржеві конвеєри (рис. 3.1, г) представляють собою металеві жолоб 3 з привареними шипами. Всередині жолоби здійснює зворотно-поступальний рух штанга 2 з йоржами 1.

При русі справа наліво (робочий хід) штанга йоржами захоплює стружку і проштовхує її вперед. При русі зліва направо (холостий хід) штанга прослизає по стружці, яка утримується шипами жолоби. Найбільш ефективний цей тип конвеєра при транспортуванні крученої або зливної стружки [13, стр.140].

Використовуються для збирання стружки також вібраційні транспортери (рис. 3.1, д), які складаються з ринви на пружних упорах 2, що здійснює вібраційний рух, і механічного або електромагнітного віброприводу 1. Вони однаково ефективно використовуються для транспортування як дрібної, так і кручений стружки [13, стр.144].

Шнекові конвеєри (рис. 3.1, е, ж) складаються з металевого жолоба, в якому розташовується гвинт 2, який одержує обертання від приводу 1. При обертанні гвинт проштовхує стружку по жолобу. Ці конвеєри виконуються з одним гвинтом - Одношнекові (е) або двома - двухшнекові (ж). Шнекові конвеєри надійно і ефективно працюють з будь-яким видом стружки [13, стр.149].

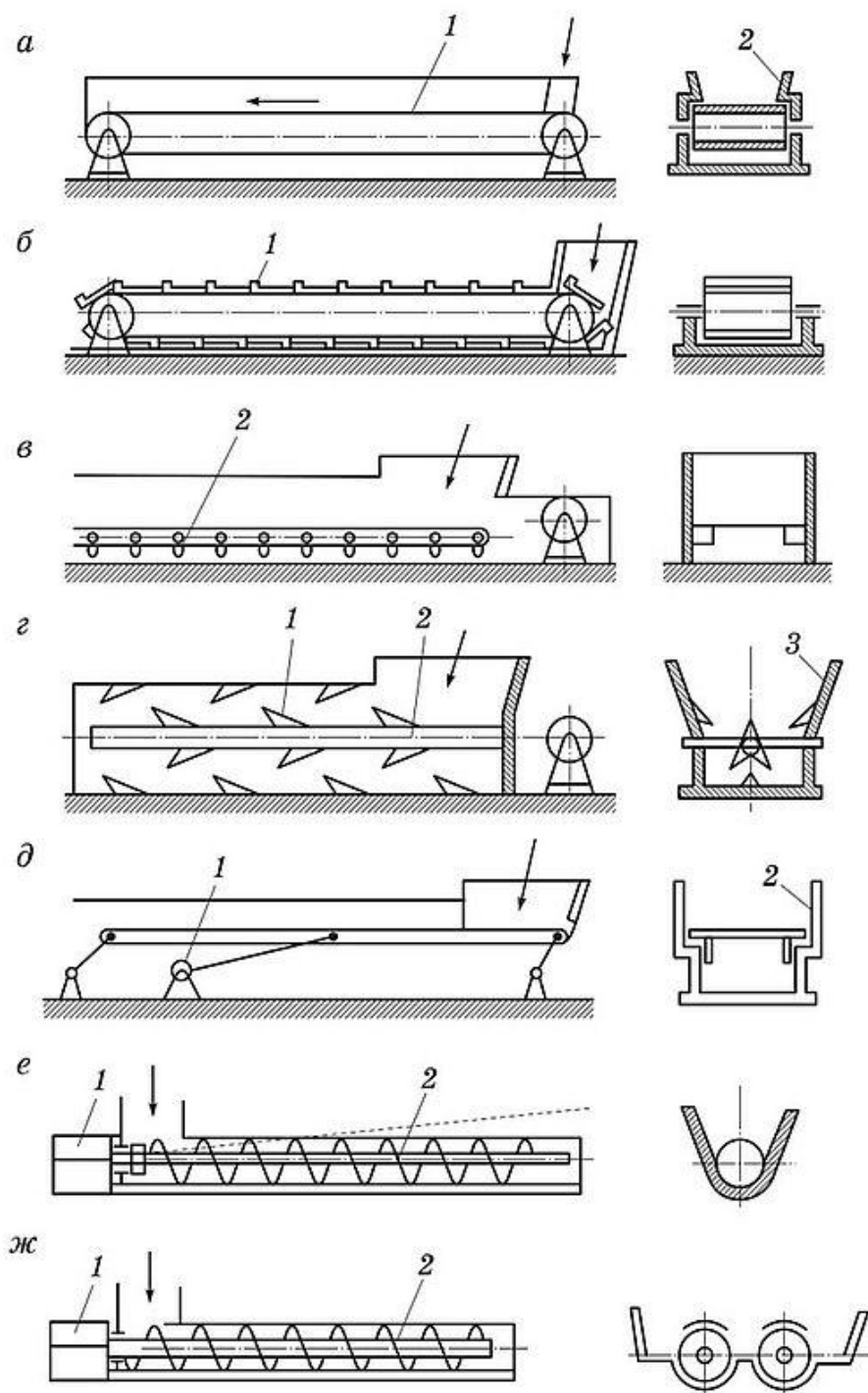


Рисунок 3.1 – Механічні транспортери для відводу стружки (а - стрічковий конвеєр, б,в – скребковий конвеєр, г – йоржевий конвеєр, д - вібраційний транспортер, е,ж – шнековий конвеєр)

На верстатах з ЧПК типу MDW-20S збирання стружки проводиться за допомогою стрічкового конвеєра (рис 3.2) який вбудований в підлогу верстату.

Стрічкові конвеєри мають високу продуктивність, можуть транспортувати стружку на великі відстані, прості за конструкцією та безшумні і економічні в роботі. До недоліків цього типу конвеєрів можна віднести швидкий знос стрічки по котрій стружка потрапляє на переробку і те, що частина стружки несеться холостою гілкою стрічки під раму [13, стр.75-77].

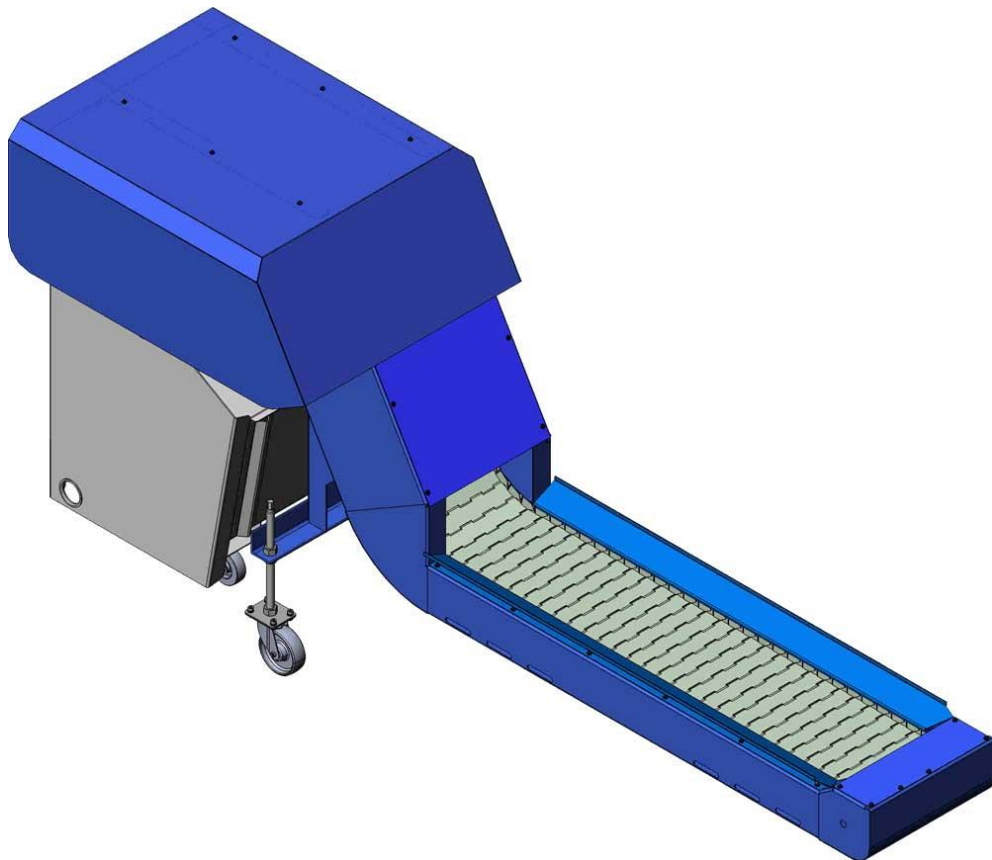


Рисунок 3.2 – Стрічковий конвеєр для відводу стружки на верстаті MDW-20S

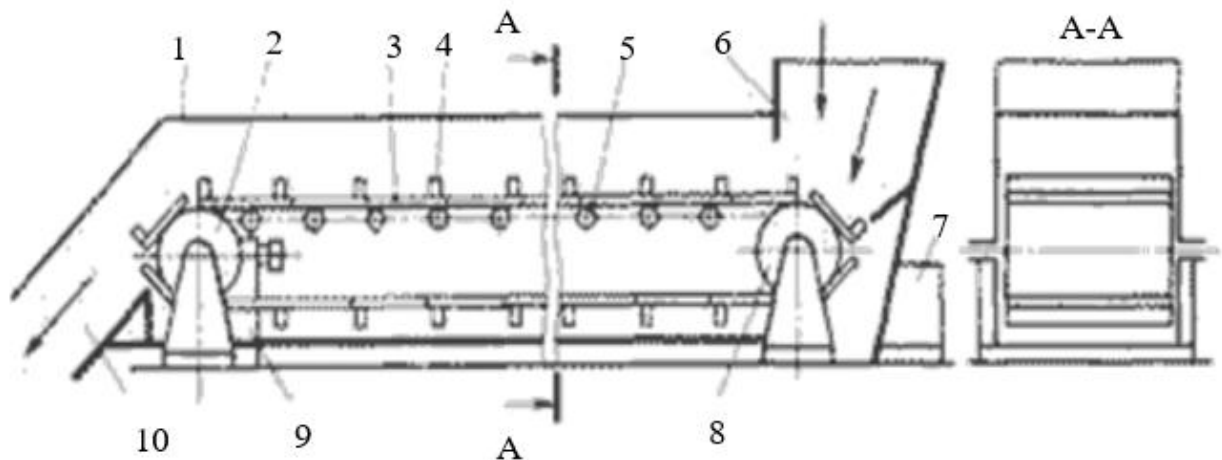


Рисунок 3.3 – Схема стрічкового конвеєру.

При обробці заготовок коли верстати не пристосовані до автоматичного відведення подрібненої стружки в зоні різання, а також при обробці заготовок з різних матеріалів застосовуються модульні групові пневмоустановки всмоктуючого типу [13, стр.199].

Групова пневмоустановка передбачає розміщення у кожного верстата індивідуальних стружко-приймачів наявність яких дозволяє видаляти із зони різання стружку за видами оброблюваних матеріалів, накопичувати її в ємностях і автоматично переміщувати на конвеєри для переробки [15, стр.199].

У нагнітальній системі (рис. 3.4, а) стружка вводиться в трубопровід 4 з воронки 2 за допомогою шлюзового затвора 3, що перешкоджає проходу повітря в воронку. Повітряний потік, створюваний повітродувної установкою 1, захоплює стружку по трубопроводу 4. Повітряний потік має надлишковий тиск 0,03 ... 0,04 МПа і швидкість до 25 м / с [15, стр.235].

У всмоктувальній системі (рис. 3.4, б) стружка засмоктується через воронку 2 за допомогою повітряного потоку, створюваного в трубі 3 вакуум-насосом

або вентилятором 1. Потік повітря створюється за рахунок розрідження до 0,055 МПа, і його швидкість досягає 25 ... 65 м / с [15, стр.240].

У всмоктувально-нагнітальній системі (рис. 3.4, в) стружка засмоктується з воронки 2 за рахунок розрідження, що утворюється потоком повітря, що нагнітається 1. Видалення стружки за допомогою пневматичних пристроїв рекомендується застосовувати, якщо в процесі обробки заготовок утворюється пилоподібна стружка. При використанні гідравлічних пристроїв стружка з кожного верстата 2 змивається сильним струменем МОР і надходить в загальний жолоб 1, по якому рухається до збірки 5 (рис. 3.4, г). У збірнику 5 МОР відділяється від стружки і подається насосом 4 по трубі 3 назад до верстатів. Стружка конвеєром 6 виноситься в тару [15, стр.254].

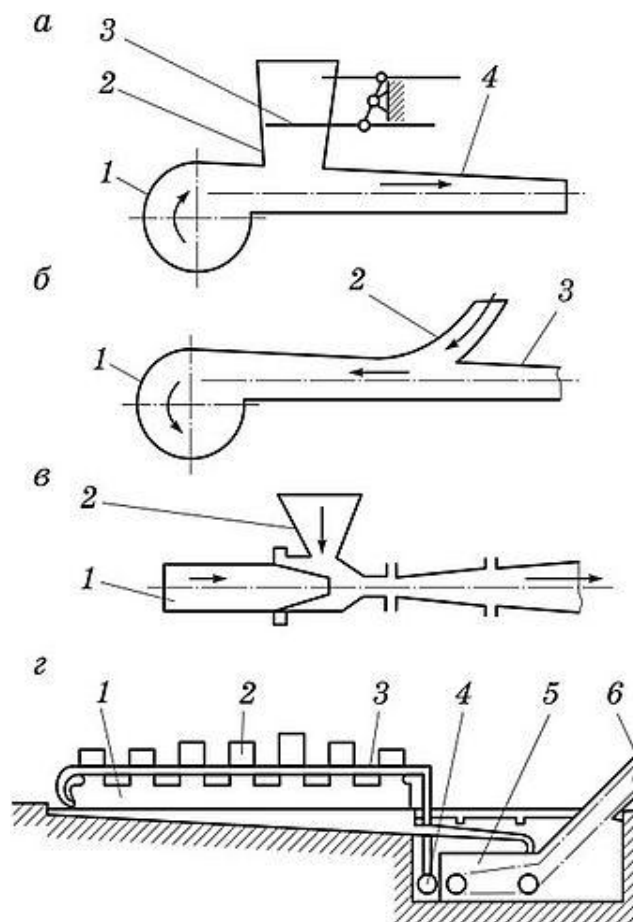


Рисунок 3.4 – Пневматичні і гідравлічні транспортери

Переробка є заключним етапом в автоматизованій системі видалення відходів. Від ефективності переробки багато в чому залежить ефективність

роботи всього виробництва. Це стосується особливо виробництв із застосуванням дорогих матеріалів.

Стружка яка потрапляє в ділянку для переробки буває неоднорідна, і тому вона підлягає сортуванню. Рекомендується проводити знежирення стружки лише у тому випадку коли при обробці деталі використовувалась МОР. Очищення від МОР здійснюється за допомогою центрифуг різних конструкцій. Кручена стружка підлягає дробленню тому що вона частіше всього має великі розміри. За допомогою магнітної сепарації стружка очищається від домішок, а також волога стружка піддається сушінню, а потім надходить на заключний етап – брикетування [13, стр.120].

Брикетування застосовується для того, щоб контактна поверхня стружки під час плавлення зменшувалась у декілька разів. Залишкова вологість складає всього лише 3 -7%. Негативний вплив на цей процес робить наявність в стружці великої кількості мастильно-охолоджувальної рідини, погіршуючи якість брикетів. Невеликі кількості МОР при брикетуванні майже повністю видаляються з стружки. Кількість МОР частіше всього досягає 10-15% ваги [13, стр.120].

Виходячи з цього можна зробити висновок, що істотне підвищення продуктивності праці в машинобудуванні в умовах виробництва можливо завдяки використанню автоматичних конвеєрів для виводу стружки за допомогою яких переробка стружки виконується механізовано і без змішування різних матеріалів.

4 РОЗРАХУНОК ДЕТАЛІ НА МІЦНІСТЬ

4.1 Визначення напружено-деформованого стану деталі

Розрахунок напружено – деформованого стану цапфи задньої виконаний методом кінцевих елементів 3D – Постановка розрахунковим комплексом NX ADVANTAGE SIMULATION.

Тривимірна модель показана на рисунку 4.1.

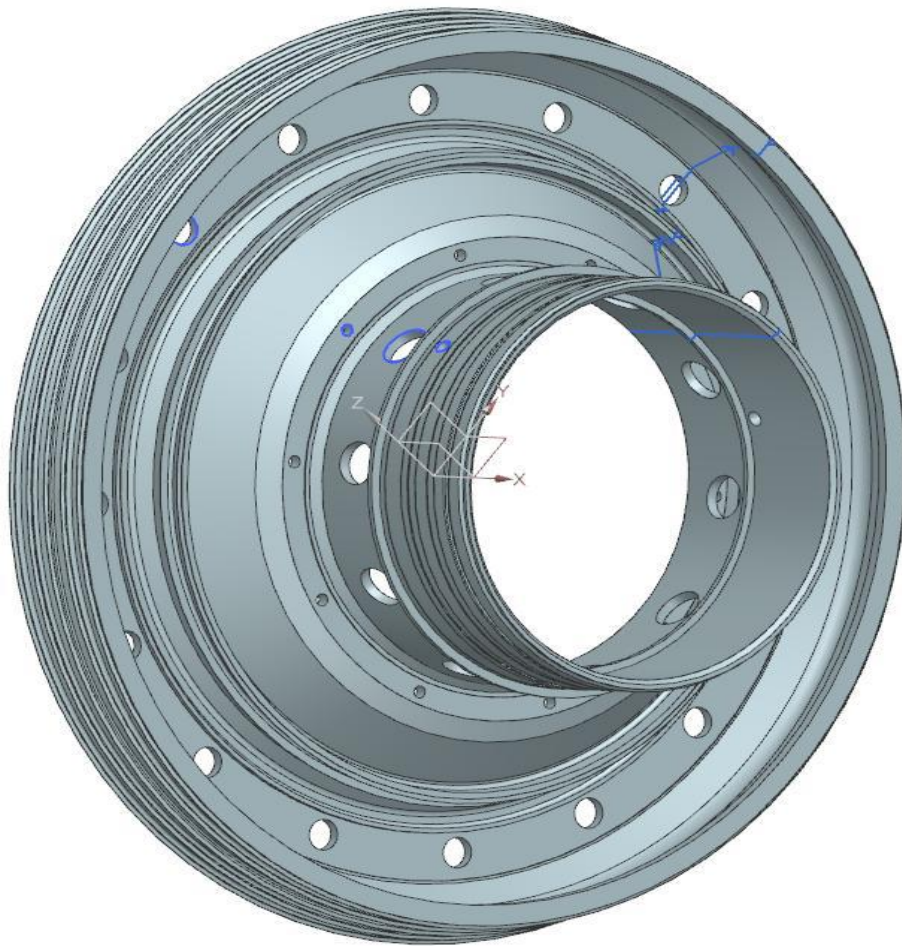


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель цапфи задньої

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

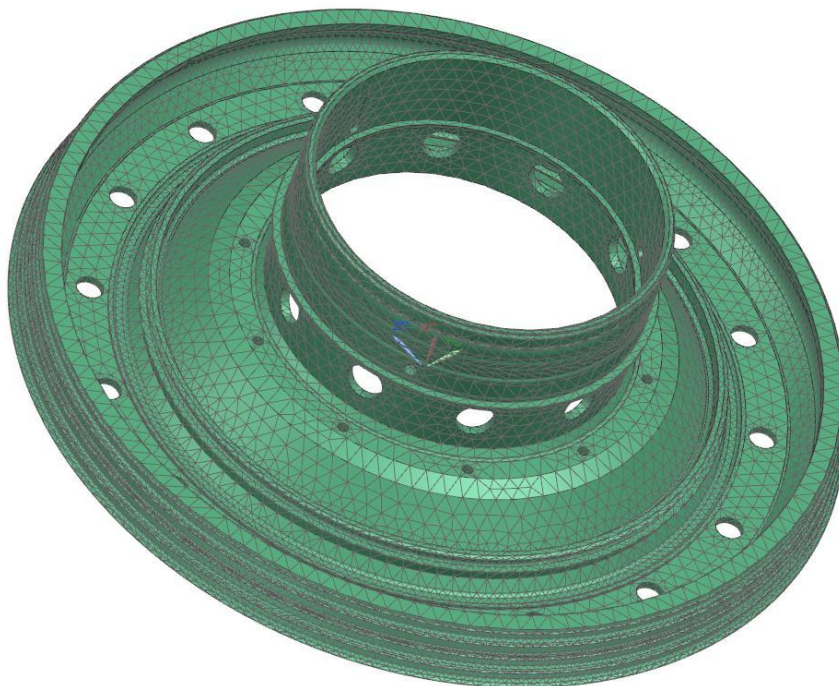


Рисунок 4.2 – Модель розбита на сітку кінцевих елементів

Другий етап виконуємо прикладення обмежень, що унеможливляють переміщення деталі у окремих напрямках (рисунок 4.3).

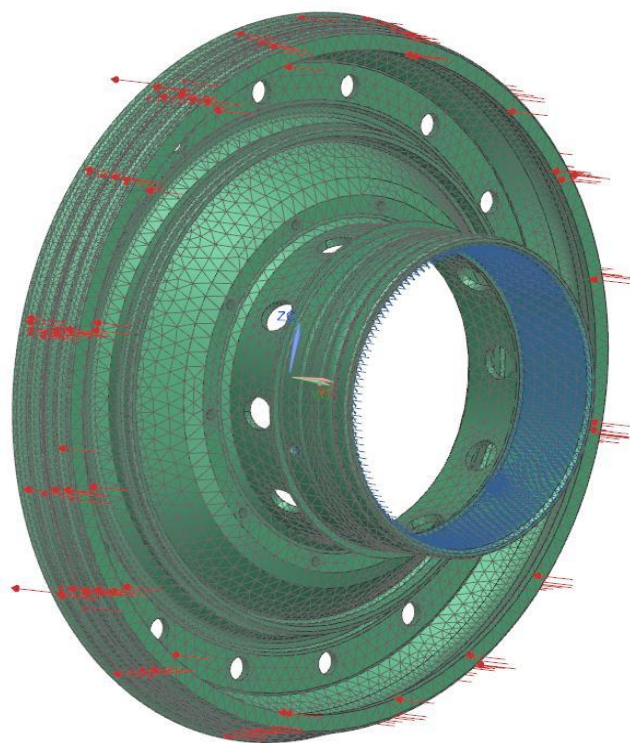


Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

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

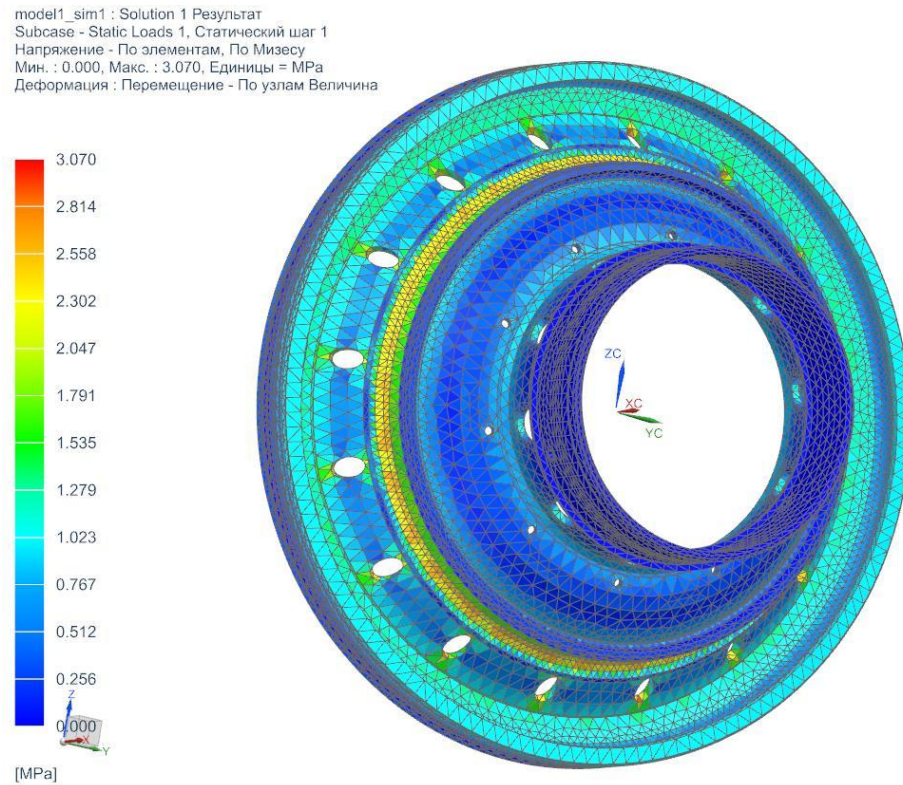


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану цапфи задньої

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом будуть отвори тому що напруженість на них мінімальна.

4.2 Визначення допустимих навантажень при різних варіантах конструкції

Для визначення більш критичного навантаження при різних варіантах конструкції деталі зробимо заміну отворів $\varnothing 16,4$ на $\varnothing 18$ та проведемо порівняння, яке виникне при навантаженні на них.

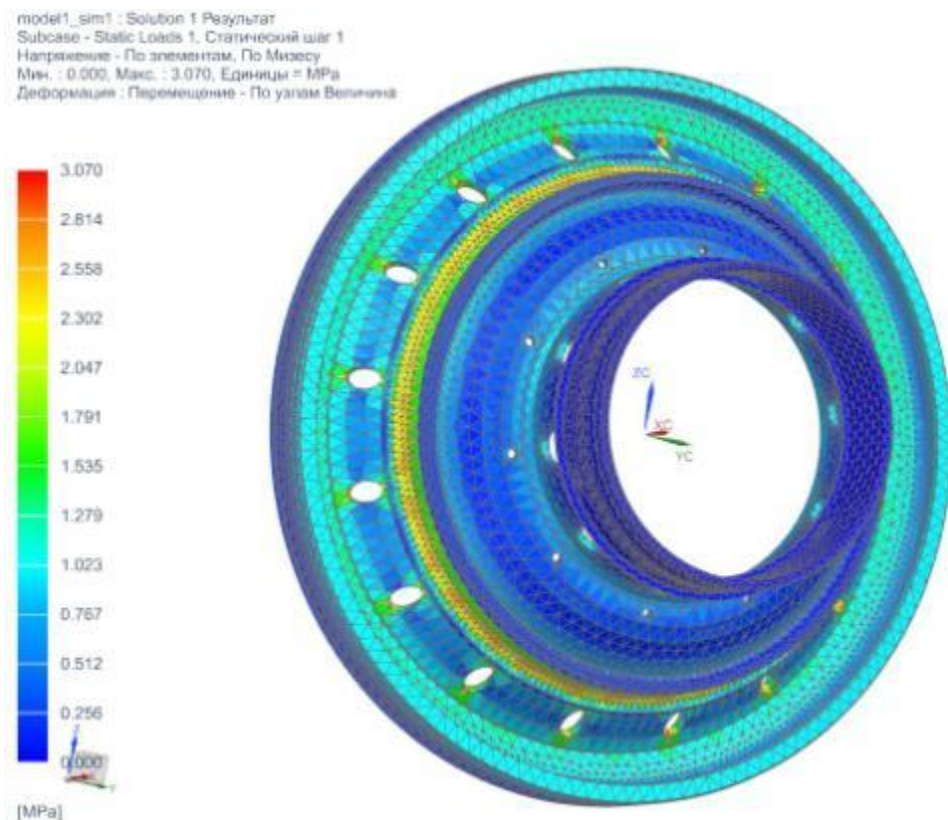


Рисунок 4.5 – Схема прикладення обмежень та навантажень з отвором $\varnothing 16,4$

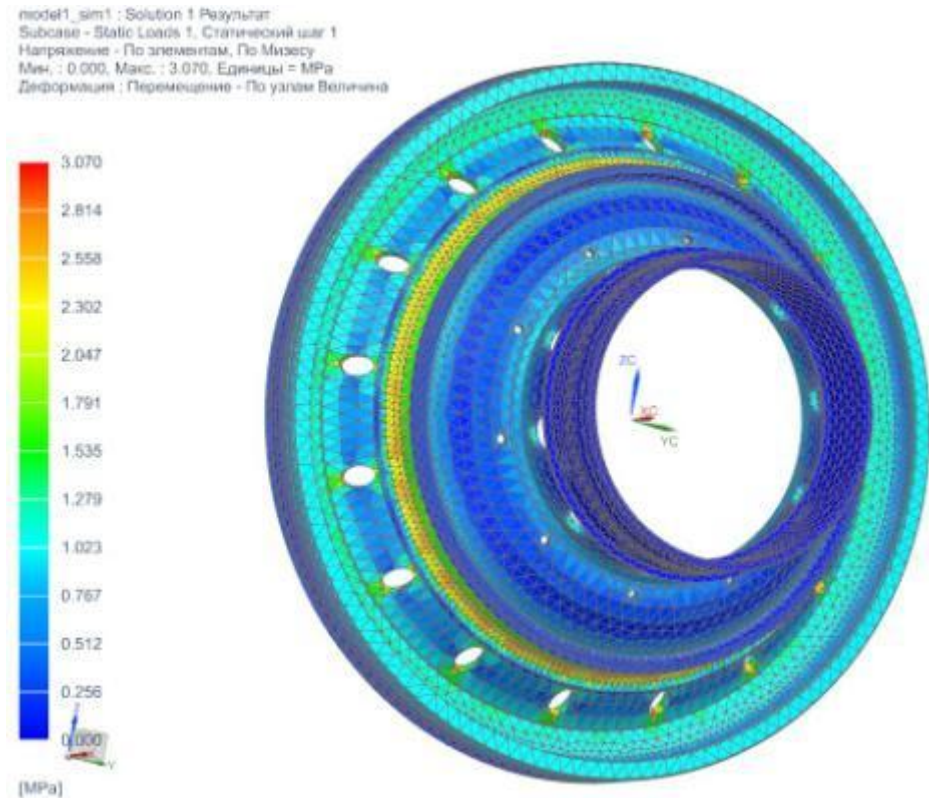


Рисунок 4.6 – Схема прикладення обмежень та навантажень з отвором $\varnothing 18$

З розрахунку можна побачити, що при збільшенні отворів з $\varnothing 16,4$ на $\varnothing 18$ навантаження на данну деталь не змінюється. Отже можна зробити висновок що при збільшенні отворів руйнування деталі буде однаковим у двох випадках.

4.3 Оптимізація геометрії деталі

Для оптимізації геометрії деталі та зменшення операцій для виготовлення цапфи задньої можливо отвір $\varnothing 16,4$ збільшити до $\varnothing 18$ так як при цьому навантаження на деталь не змінюється. Також для більш простого закріплення можна замінити різьблення Tr220x2 на M220x2 так як вона широко використовується у виробництві.

5 СПЕЦІАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

МЕХАНІЗАЦІЯ СЛЮСАРНИХ РОБІТ

5.1 Етапи розвитку механізації та основні види

Під механізацією технологічних процесів розуміють застосування енергії неживої природи при виконанні технологічних операцій, повністю керованих людьми, здійснюване з метою скорочення трудових витрат, поліпшення умов праці, підвищення продуктивності та якості роботи [20].

Вона сприяє, зростанню продуктивності праці на виробництві, скороченню частки праці, полегшенню і поліпшенню умов праці, зниженню трудомісткості продукції [20].

Розвиток механізації проходила таким чином: спершу була механізація основних технологічних процесів, яка відрізнялась від інших найбільшою трудомісткістю, в подальшому розвитку вона дійшла до механізації практично всіх основних технологічних процесів і частково допоміжних робіт [20].

Наступним етапом розвитку можна виділити комплексну механізацію, при дії якої ручний труд замінюється машинним комплексно на всіх операціях технологічного процесу. Це різко підвищує ефективність механізації, оскільки навіть при високому рівні механізації більшості операцій може практично нейтралізувати наявність на підприємстві декількох немеханізованих допоміжних операцій. Тому комплексна механізація в більшій мірі, ніж не комплексна, сприяє інтенсифікації виробництва. Але і при комплексній механізації залишається ручна праця [14, стр.25-30].

Розрізняють такі види механізації: первинна і вторинна, часткова і повна.

Під первинною механізацією розуміють механізацію технологічних процесів, в яких до їх проведення використовувалася тільки енергія людини. Вторинна – коли до їх проведення використовувалася також і енергія неживої природи.

Під частковою механізацією розуміють такі дії, при яких частина витрат енергії людей замінена витратами енергії неживої природи. При повній механізації витрати енергії людей повністю замінені енергією неживої природи [20].

Технологічні передумови механізації вимагають технологічної підготовки, яка включає спеціалізацію, уніфікацію і типізацію технологічних процесів, технологічної оснастки, обладнання, конструкцій виробів, що випускаються з метою розробки техпроцесів, підвищення рівня технологічності виготовлення виробу, включаючи процеси обробки, складання, випробування і налагодження. [14, стр.31-32].

Найбільшої уваги заслуговує механізація ручних слюсарних робіт. Важливим направленням в цьому є заміна ручних операцій станочними. Але сучасна техніка дозволяє механізувати і ту частину слюсарних робіт, яку неможливо виконати на станках [20].

Засоби малої механізації слюсарних робіт включають прості механізми, які полегшують закріплення деталей в процесі обробки, пневматичні та електричні інструменти, а також всеможливі опиловочні пристрої.

Вдосконалення ручної праці шляхом використання різних пристосовань та механізованого інструменту, які значно полегшують труд, підвищують якість виготовленої продукції і знижують її собівартість можна оцінювати під механізацією слюсарних робіт [20].

Якщо розглядати вібраційну обробку, то крім механізації трудоємних ручних робіт, вона покращує якість та експлуатаційні властивості оброблюваних деталей, визначає характер циркуляційного руху сипучого робочого середовища і деталей які оброблюються. Ці фактори значно впливають на сили мікроударів, контактний тиск, напруження і температуру, які виникають в зоні дії мікроударів, середню температуру в робочій камері, швидкість і прискорення частинок робочого середовища, що характеризують інтенсивність циркуляційного процесу вібраційного оброблення [15, стр.66].

До факторів, що впливають на процес вібраційного оброблення, можна віднести: використання різних поєднань твердих, рідких і змішаних компонентів робочих середовищ; поєднання механічного процесу оброблення у вигляді різання і пластичного деформування з фізико-хімічним процесом, шляхом введення до складу робочого середовища відповідних матеріалів, розчинів, електrolітів; наявність підвищеного тиску і температури в робочій камері [15].

5.2 Опис вібраційних установок

Під механізацією слюсарних робіт використовуються вібраційні установки.

Розглянемо конструкцію вібраційної установки (рис. 5.1). Вона забезпечує орбітальний рух маси завантаження. Деталі, що будуть оброблятися, і робоче середовище завантажуються в сферичну робочу камеру 1, яка опирається на три шарові опори 2 підпружиненої віброплощадки 3 [15, стр.90].

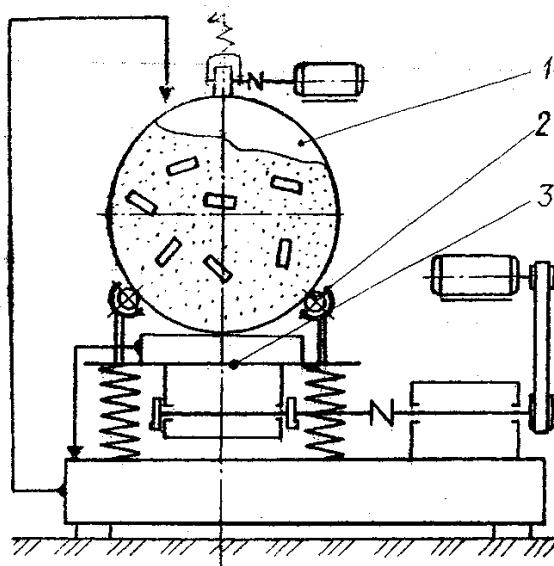


Рисунок 5.1 - Технологічна схема вібраційної установки з орбітальним рухом маси завантаження

Поєднання коливального руху сферичної робочої камери з її обертанням, поліпшує інтенсивність циркуляції елементів маси завантаження і збільшує зону активної взаємодії робочого середовища і деталей, які обробляються.

Деталі 1, які обробляються (рис.5.2), завантажуються в циліндричні контейнери 2, яким надають планетарне обертання з кутовою швидкістю ω_1 навколо центральної осі і кутовою швидкістю ω_2 навколо власної осі. Абразивна суміш, що подається в контейнери, під дією відцентрових сил ущільнюється, утворюючи щільний абразивний брусок, який копіює форму деталей, а це дозволяє уникнути застосування коштовного інструменту. Шляхом обертання контейнера навколо власної осі, з кутовою швидкістю ω_2 переміщують еластичний абразивний брусок відносно поверхні деталей, що приводить їх до оброблення [15, стр.120].

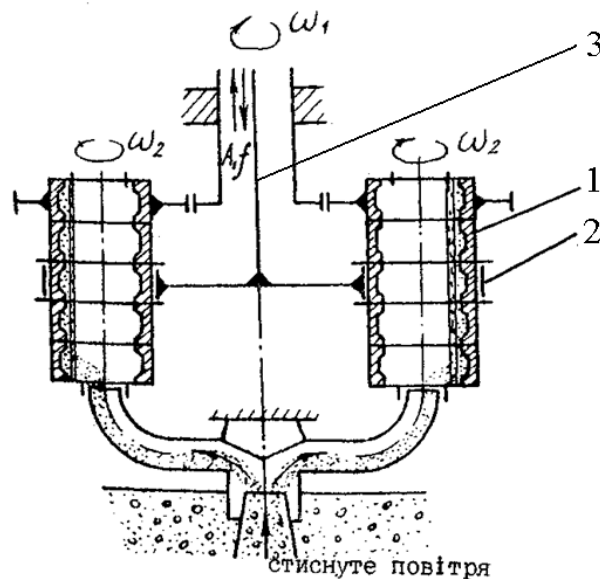


Рисунок 5.3 - Технологічна схема обробки ущільненим шаром абразиву

З метою поліпшення процесу оброблення і підвищення якості поверхні, деталям надають низькочастотні осьові вібрації через шток 3, що приводять до додаткових відносних переміщень поверхонь деталей, які обробляються, відносно еластичних брусків.

Конструктивними ознаками цих установок є поєднання простого обертового руху і площинних вібрацій елементів робочого контейнера, а також

використання різного роду активаторів, які вводяться в зону обробки робочої камери.

Процес вібраційної обробки заключається в послідовному нанесенні по поверхні оброблюваних деталей великої кількості мікроударів та мікроцарапин частинками робочої суміші. Основою для цього процесу є механічне або механохімічне зняття дрібних частинок металу з оброблюваної поверхні, а також вигладжування мікронерівностей поверхні [15, стр.149].

В контейнері 1 (рис. 5.4) установлений ротор 2, закріплений на валу 3, який муфтою 4 з'єднаний з електродвигуном 5. Під контейнером, який кріпиться до рами пружинами 6, встановлено електромагнітний вібратор 7 [15].

Всередині контейнера розміщений екран 8, виконаний у вигляді зрізаного малого конуса, твірні якого розміщені під кутом до осі обертання більшим, чим кут між ротором і його віссю обертання. Екран через гвинтову пару 9-10 може переміщатися по висоті контейнера 1. Для подання рідини використовують насос 11 з трубопроводами 12. Завантаження в процесі оброблення циркулює із зони *A* в зону *B*, проходячи зону найбільшої інтенсивності оброблення *B*. Із зони *B* через отвір в центрі екрану 8 завантаження знову попадає в зону *A* [15, стр.177-180].

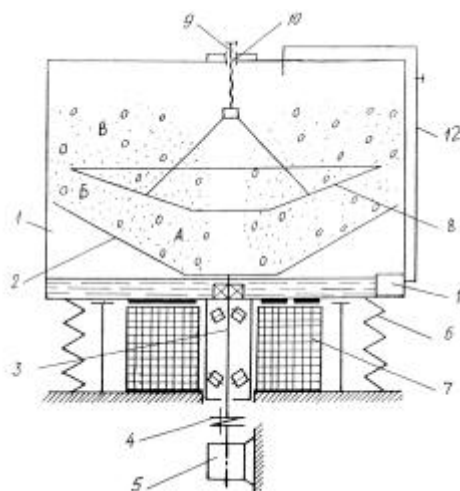


Рисунок 5.4 - Технологічна схема вібраційно-відцентрової установки

Циліндричний контейнер машини 1 (рис.5.5) закріплений горизонтально на опорах, пружні властивості яких на схемі еквівалентно відображаються елементами 2, 3. Пристрій 4 з деталями рухається поверхнею обкочування 5 радіусом R [15].

Привод машини здійснюється від електродвигунів 8 через пружні муфти 7 і пару дебалансних віброзбудників 6, розміщених на торцевих сторонах циліндричного контейнера. Дебаланси 6 синхронно обертаються навколо горизонтальної осі, що збігається з віссю контейнера [15, стр.200-211].

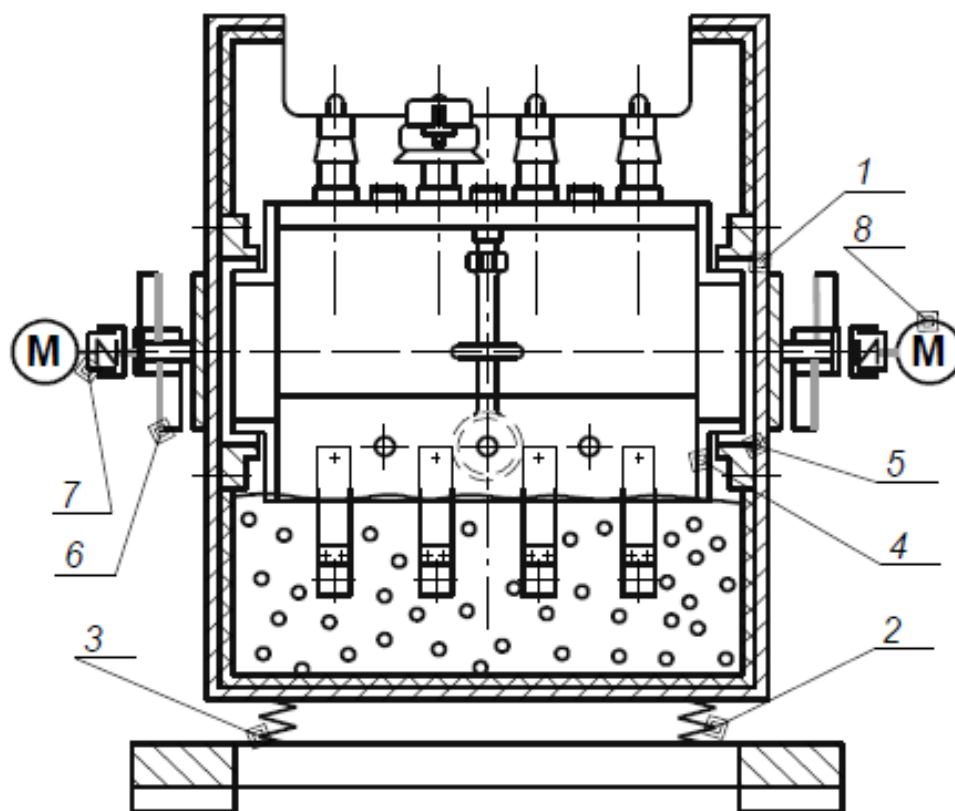


Рисунок 5.5- Конструктивна схема машини з обертовим пристроєм для обробки деталей

5.3 Переваги віброобробки та шляхи покращення слюсарних робіт

Вібраційна обробка деталей забезпечує створення необхідної шорсткості та фізико-механічних властивостей поверхні і поверхневих шарів оброблюваних деталей. Вона відноситься, також, і до фінішних методів обробки [15].

Застосування віброобробки в якості фінішної операції дозволяє суттєво знизити собівартість виготовлення деталей та забезпечує отримання мікронерівностей порядку $0,15 \div 0,25$ мкм, в ряді випадків може замінити доводку, собівартість якої в 4-5 разів вища. В результаті віброобробки отримана деталь не порушується, так як знімається шар металу не більше 1-2 мкм. [15, стр.150-155].

Вібраційна обробка деталей в абразивному середовищі відбувається з використання певного обладнання. Віброустановка, як правило, містить джерело рушійної сили (вібратор) і контейнер для завантаження робочої суміші, яка включає оброблювані деталі, наповнювач (абразив), а також, при необхідності, рідинні розчини [15].

На процес вібраційної обробки деталей мають вплив конструкція деталі, її форма, вага, матеріал, фізико-хімічний склад поверхневого шару, вимоги до обробленої деталі, матеріал абразиву, його зернистість, режими обробки тощо [15].

При вивченні процесу віброобробки за часом, було встановлено, що зняття металу відбувається достатньо рівномірно протягом всього часу обробки з деяким збільшенням в початковий період, коли відбувається зняття відносно грубих мікронерівностей і закруглення гострих кромek та зменшення після певного часу обробки, коли в робочій суміші з'явилися відходи обробки у вигляді дрібної стружки та продукти подрібнення абразиву у вигляді пилу [15].

Суттєвий вплив на зняття металу мають механічні властивості матеріалу оброблюваних деталей і перш за все його твердість, а також пластичність.

Зменшення зняття металу із збільшенням його твердості пояснюється великим опором проникненню абразивних зерен в оброблювану поверхню. Із збільшенням пластичності, зняття металу зменшується. Наявність пластичності в оброблюваного матеріалу завдає труднощів відділенню з його поверхні частинок металу. Метал у цьому випадку деформується і видавлюється царапаючим зерном в сторони [14].

При обробці крихких матеріалів зняття металу в основному відбувається в результаті зрізання, при обробці пластичних матеріалів зняття відбувається внаслідок стомленосного викришування частинок металу при багаторазовому деформуванні окремих його ділянок абразивними зернами [16].

Вібраційні машини відрізняються від звичайних металооброблюваних відсутністю деталей, які труться між собою, пониженим використанням енергії, високою технологічною ефективністю. Для встановлення цих установок не потрібно спеціального фундаменту. Їх розміщують частіше всього на підлозі виробничого приміщення за допомогою пружних амортизаторів [15].

Для обробки цапфи задньої використовується вібраційний бункер з підвіскою чащі на циліндричних стрижнях моделі 4УМД (рис.5.6).

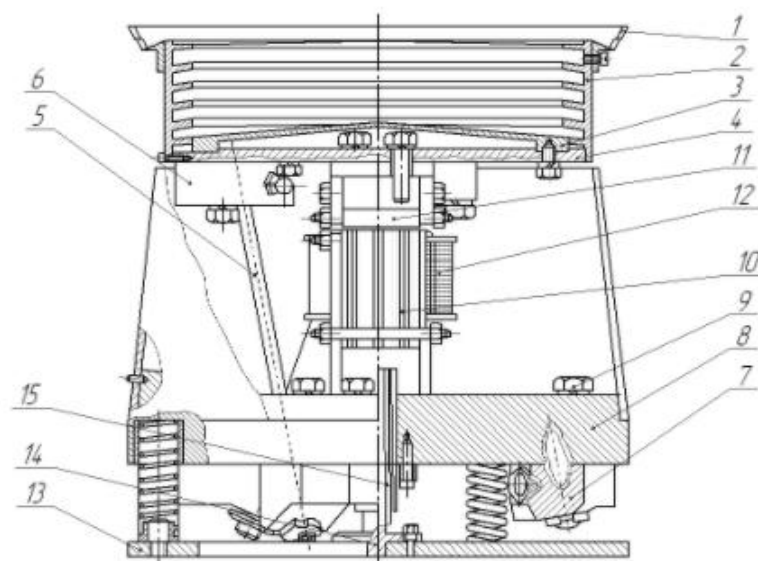


Рисунок 5.6 – Схема вібраційного бункера моделі 4УМД

Живильник являє собою чашу 2, на внутрішній циліндричній поверхні чаші виконана похила спіральна канавка, на якій утримуються деталі. Чаша 2 разом з конусом кріпиться до днища 4. Вгорі верхній частині чаші 2 кріпиться подушка 1. Днище живильника 4 укріплено на трьох похилих пружинних стрижнях 5, закріплених зажимами в верхньому 6 і нижньому 7 черевиках. Стрижні розташовані таким чином, що проекції їх на горизонтальну площину перпендикулярні радіусу в точках кріплення до днища 4. Для зменшення габаритних розмірів живильника при визначенні робочої довжини пружинних стержнів 5 кріплення їх до плити 8 здійснюється з нижньої сторони плити. Черевик укріплений на плиті 8 затискними болтами 9 і напрямних штифтів. Живильник наводиться в дію вертикальним електромагнітним вібратором 10, встановленим в центрі плити 8. Якір вібратора з пакета пластин 11 електротехнічної сталі. Між підставою якоря і днищем є алюмінієва прокладка, що перешкоджає проникненню магнітних силових ліній, які можуть намагнічувати деталі. Сердечник електромагніта складається з набору Ш-образних пластин, прикріплених до основи вібратора за допомогою планок. На середній виступ набору одягається котушка 12 з обмоткою, через яку пропускається змінний струм. Вертикальні коливання якоря вібратора за рахунок вигину нахилених стержнів 5 користуються в коливанні чаші бункера по спіралі. Таке коливальний рух чаші змушує деталі, що лежать на поверхні підніматися по ній вгору. Для віброізоляції живильник встановлений на 3-х кручених циліндричних пружинах порівняно невеликій жорсткості. Щоб обмежити його рухливість, на підставі 13 встановлена вісь 14 з гумовою втулкою 15, яка входить у втулку 16, є невеликий зазор. Робочою довжиною стрижня, що визначає резонансне настроювання живильника, є його довжина між розрізними втулками 1 і 17. Втулки виконані розжареними для попередження зминання під час роботи. Втулка 17 в нижньому черевіку може при відпуску болта 18 затиску переміщатися уздовж стрижня на певну відстань, а потім затисне гайкою 19 в потрібному положенні [16].

Частота коливань вібраційного бункера вибирається з таких міркувань. Найбільш просто здійснювати коливання чаші живильника за допомогою електромагнітних вібраторів, що працюють з частотою 50 і 100 Гц. Швидкість удару деталі з лотком в режимах з однаковими значеннями параметра залежить від частоти коливань. Величина граничної швидкості зіткнення залежить від матеріалів і деталі на поверхні лотка, наявності і розмірів задирок [16, стр.30-42].

Роблячи висновок для механізації слюсарних робіт та скорочення часу на обробку деталей доцільно використовувати вібраційний бункер який оброблює за один раз декілька деталей.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Визначаємо річний економічний ефект від впровадження замість звичайного шліфувального круга збірний шліфувальний круг оптимізованої конструкції, який порівняно з попереднім потребує більших витрат на виготовлення, але є продуктивнішим, має більший термін служби, потребує менших витрат споживача. Вихідні дані наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показник	Варіант	
	Звичайний шліфувальний круг	Оптимізований
Річний обсяг виробництва деталей, шт.	5000	5000
Собівартість круга, грн.	100	150
Питомі капітальні вкладення, грн.	59	70
Продуктивність круга, тис. деталей	500	1000
Термін служби, років	3	10
Річні експлуатаційні витрати споживача, грн.	18,85	5,21
Супутні витрати споживача, грн.	75,0	60,5
Нормативний коефіцієнт прибутковості інвестицій E	0,15	0,15

Визначаємо приведені витрати за обома варіантами:

$$З = С + E \times K \quad (6.1)$$

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

Е - нормативний коефіцієнт прибутковості інвестицій;

К - питомі капіталовкладення і-го варіанта

$$З_1 = 100 + 0,15 \cdot 59 = 108,85 \text{ грн}$$

$$З_2 = 150 + 0,15 \cdot 70 = 160,5 \text{ грн}$$

Розрахуємо річний економічний ефект за формулою [6]:

$$E = \left(З_1 \times \frac{П_2 \times (T_2 + E)}{П_1 \times (T_1 + E)} + \frac{B_1 - B_2 - E \times (K_1 - K_2)}{T_2 + E} - З_2 \right) \times N \quad (6.2)$$

де З - приведені витрати у розрахунку на одиницю відповідно базової і нової конструкції;

П₁, П₂ - річний обсяг продукції, виготовленої при використанні відповідно базової і нової конструкції;

Т₁, Т₂ - коефіцієнти реновації (розраховуються як величини, обернені до терміну служби);

В₁, В₂ - річні експлуатаційні витрати у споживача при використанні відповідно базової і нової конструкції;

К₁, К₂ - супутні капіталовкладення споживача при використанні базової і нової конструкції у розрахунку на весь обсяг продукції, що виготовляється за допомогою нового варіанта;

N - річний обсяг виробництва засобу праці нової конструкції.

$$E = \left(108,85 \times \frac{5000 \times (0,2 + 0,15)}{5000 \times (0,14 + 0,15)} + \frac{18,85 - 5,21 - 0,15 \times (75 - 60,5)}{0,2 + 0,15} - 160,5 \right) \times 5000 = 15100 \text{ грн}$$

Відповідно річний економічний ефект від впровадження нового шліфовального круга становить 15100 грн.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі по виготовленню деталі цапфа задня двигуна Д-18Т розглянуті такі заходи для підвищення продуктивності технологічного процесу.

Був детально розроблений технологічний процес виготовлення цапфи задньої. Обраний і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Спроектовані верстатні пристосування дозволяють швидко і надійно закріплювати заготовку під час обробки, що в умовах серійного виробництва дуже важливо.

Був обраний автоматизований принцип відведення стружки від верстатів з ЧПК типу MDW-20S збирання стружки у яких проводиться за допомогою стрічкового конвеєра який вбудований в підлогу верстату. Було проведено розрахунок деталі на міцність у результаті якого можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом є отвори тому що напруженість на них мінімальна.

Було проведено дослідження на тему «Механізація слюсарних робіт» в якому ручна праця робітників замінюється віброобробочною установкою за допомогою якої скорочується час на виготовлення партії деталей так як за одну обробку можливо оброблювати до 10 деталей одночасно, підвищується якість поверхонь, забезпечує створення необхідної шорсткості та фізико-механічних властивостей поверхні і поверхневих шарів оброблюваних деталей, дозволяє суттєво знизити собівартість виготовлення деталей, вдосконалення і розвиток технології фінішної обробки та обладнання.

Були розроблені заходи щодо запобігання виробничому травматизму, професійних захворювань, шкідливого впливу на навколишнє середовище, а також проведена розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів. Наведено характеристику виробництва за ступенем пожежної безпеки.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення цапфи задньої.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Богуслаев В.А. «Основы технологии машиностроения» Учебное пособие для студентов машиностроительных специальностей высших учебных заведений / А.В. Богуслаев, В.И. Цыпак, В.К. Яценко – Запорожье изд-во ОАО «Мотор Сич» - 2003.-336 с.
2. Додатки до методичних вказівок « Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки»- Запоріжжя ЗНТУ 1996,55с.
3. Панов А.А.,«Обработка металов резанием: Справочник технолога»/ А.А.Панов, В.В. Аникин , Н.Г.Бойм – М. Машиностроение 1961-892с
4. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с
6. Ципак В.І. Розрахунки технологічних розмірів при проектуванні процесів механічної обробки / В.І. Ципак. – Запоріжжя : ЗДТУ, 1996. – 91 с.
7. Баранчиков В.И., « Обработка специальных материалов в машиностроении» / В.И.Баранчиков, А.С. Тарапанов, Г.А. Харламов - М: Машиностроение,2002, 264 с.
8. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с
9. Стружестрах Е.И. «Справочник нормировщика машиностроителя», / Е.И.Стружестрах, М.:Машиностроение,1961.-892с., ил.
- 10.Мягкова В.Д. «Допуски и посадки: Справочник» Т1 / В.Д. Мягкова, М:Машиностроение 1978 - 544с., ил.

- 11.Смирнов Ю.А., «Неисправности гидроприводов» / Ю.А.Смирнов, В.С. Волков, М: Машиностроение 1980 – 184 с.
- 12.Вардашкина Б.Н. «Станочные приспособления» – Т1/ Б.Н.Вардашкина, А.А. Шатилова, М: Машиностроение 1984.
- 13..Елизаров А.П. «Автоматизация удаления стружки из зоны резания в условиях роботизированных производств» / А.П.Елизаров – М: Машиностроение 1984.
14. Приборостроение и средства автоматизации \ \ Справочник Т2 М: Машиностроение 1964.
- 15.Лебедевский М.С. « Автоматизация в промышленности» \ \ Справочник / М.С. Лебедевский, А.И. Федотов, М: Машиностроение 1979.
16. Руководство установки 4УМД .
17. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яценкоо, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.
- 18.Горбацевич А.Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения / А.Ф. Горбацевич, В.А Шкред. – Минск : Выш. школа, 1983. – 256 с.
- 19.Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования. ГОСТ 14.201-83.
20. «Механизация и автоматизация технологических процессов в машиностроении» ГОСТ 27004-78.

Додаток А

Специфікація робочого пристосування

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Перв. примен.								
					<u>Документация</u>			
		A1		НУЗП 293226.003	Складальне креслення	1		
					<u>Складальні одиниці</u>			
Сплав №			1		Гідроциліндр	1		
			2		Корпус	1		
			3		Плита	1		
			5		Гайка	1		
			4		Коромисло	1		
			12		Тяга	1		
			13		Палець затиску	2		
			14		Втулка	2		
			10		Установчий палець	1		
			11		Установчий зрізаний палець	1		
Підп. і дата					<u>Стандартні вироби</u>			
			6		Гвинт М10-6dх70.66.05	6		
					ГОСТ 7808-70			
			7		Штифт 10т6х32	2		
					ГОСТ 3128-70			
			5		Гайка М20х15	1		
					ГОСТ 5915-70			
			9		Гайка М10-04	2		
					ГОСТ 5915-70			
			8		Шайба 10 ГОСТ 113-71	2		
Підп. і дата						НУЗП 293226.003		
Інв. № подл.		Ізм.	Лист	№ док.	Підп.	Дата		
		Розроб.	Каржакова А.С.					
		Проб.	Пихальська Г.В.					
		Т.Контр.	Пихальська Г.В.					
		Н.Контр.	Дядя С.І.					
		Утв.	Дядя С.І.					
Пристосування для шліфування						Лист	Лист	Листів
							1	1
						НУЗП Гр. Мз-119м		
Копіював						Формат А4		

Додаток Б

Специфікація контрольного пристосування

Перф. примеч.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
Справ. №					<u>Документация</u>		
	A1			НУЗП 402833.003	Складальне креслення	1	
					<u>Складальні одиниці</u>		
			1		Плита	1	
			5		Ножка	4	
			3		Стійка вертикальна	1	
			7		Стійка горизонтальна	1	
			8		Стійка горизонтальна коротка	1	
			9		Затискач спеціальний	2	
					<u>Стандартні вироби</u>		
Підп. і дата			5		Гвинт затискний ГОСТ 3032-76	2	
			6		Гвинт затискний вузький ГОСТ 3032-76	1	
					<u>Покупні вироби</u>		
Взам. інв. №	Інв. № дубл.				Індикатор 1 ИГ ГОСТ 577-68	1	
Підп. і дата							
Інв. № подл.	Ізм.	Лист	№ док-м.	Підп.	Дата	НУЗП 402833.003	
	Разроб.		Коржакова А.С.			Пристосування для контролю лінійних поверхонь	
	Проб.		Пихальська Г.В.				
	Т.Контр.		Пихальська Г.В.				
	Н.контр.		Дядя С.І.				
Утв.		Дядя С.І.					
	Лист	Лист	Листов				
		1	1	НУЗП Гр. МЗ-119м			

Копіював

Формат А4

ДОДАТОК В

Аналіз потенційних небезпек

Важливим завданням при проектуванні механічної ділянки є розробка заходів щодо запобігання виробничому травматизму, професійних захворювань, шкідливого впливу на навколишнє середовище, а також розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних заходів відповідно до нормативно-правових актів і законів України, які дозволяють виключити або максимально ефективно мінімізувати потенційні небезпеки. Для досягнення даної задачі необхідно чітко проаналізувати потенційні небезпеки, які виникають в процесі трудової діяльності, а також потенційні небезпеки, які можуть бути обумовлені конструктивними недоліками обладнання при проектуванні. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори визначені в ГОСТ 12.0.003-74 (1999) «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Фактори виробничого середовища за природою дії на організм людини підрозділяють на: фізичні, хімічні, психофізіологічні і санітарно-гігієнічні [В1].

Потенційні небезпеки фізичного характеру можуть виникати через невідповідність нормам безпеки конструкції технологічного обладнання, неправильного вибору обладнання, оснащення, транспортних засобів, методів, режимів обробки, збірки; відсутність вказівок про способи і засоби безпечного виконання робіт; несправність технологічного обладнання, оснащення, ручного механізованого інструменту.

Потенційні небезпеки психофізіологічного характеру виникають внаслідок вчинення помилкових дій внаслідок високої тяжкості і напруженості праці, підвищеної стомлюваності, зниження уважності; монотонні умови праці; недостатня професійна підготовленість; порушення правил безпечного виконання робіт, трудової та виробничої дисципліни. Все це, а також невідповідність психофізіологічних даних працюючого виконуваний роботі може привести до його хворобливого стану і погіршення здоров'я; психологічному і нервово-емоційного зриву, пов'язані з недоліком відпочинку,

а так само з великою відповідальністю і під час будь-якої роботи; зниження рівня уваги в результаті підвищеної втоми [B2].

Потенційні небезпеки організаційного характеру виникають унаслідок відсутності або неякісного проведення інструктажу і навчання; відсутність проекту робіт, інструкцій з охорони праці; недостатній контроль охорони праці; незадовільна організація робочого місця, недостатнє врахування вимог ергономіки. Це може привести до невиконання роботи в терміни, а також до погіршення якості продукції [B2].

Потенційні небезпеки санітарно-гігієнічного характеру: несприятливі параметри мікроклімату (в холодний період температура повітря повинна складати 18-20 градусів С, в теплий - 21-23 градусів С); висока концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони; незадовільні умови освітлення; високий рівень шуму і вібрації. Можуть послужити причиною погіршення здоров'я співробітників, а саме до бронхіту, до погіршення зору, а також до збільшення частоти загальних хвороб. Інтенсивний шум на виробництві сприяє зниженню уваги і збільшенню числа помилок при виконанні роботи, виключно сильний вплив робить шум на швидкість реакції, збір інформації та аналітичні процеси, через шум знижується продуктивність праці і погіршується якість роботи [B3].

Особливо великий вплив шум надає на організм людини, негативно діючи на центральну нервову систему. Джерелами шуму на ділянці є обертові частини верстатів, електродвигуни, а також шум при обробці деталей. Одним з основних заходів є усунення причини шуму або істотне його ослаблення в самому джерелі його утворення при розробці технологічних процесів, про проектуванні шляхом поліпшень конструкцій, застосуванням примусової системи змащування частин, при цьому потрібно дотримуватися виконання нормативів - рівень звуку не більше 80 ДБА, згідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Для усунення шуму і вібрації на ділянці застосовуються такі заходи: верстати, встановлені на фундаменти, віброізолюваного від конструкції будівлі; електродвигуни верстатів, встановлені на демпфируючі прокладки; сполучення

всмоктуючих і вихлопних повітроводів проводиться за допомогою гнучких патрубків. [B4].

Потенційні небезпеки, які пов'язані з порушенням правил пожежної безпеки: небезпека ураження електричним струмом; коротке замикання та інші причини, які можуть послужити причиною пожежі. Можуть бути небезпекою для життя та здоров'я працівників [B5].

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. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 ел. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-39. 8.Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова)

В3. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]:– Чинний від 1999-12-01. К. : МОЗ України, 1999. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va042282-99>.

В4. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.037-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999.– URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>. – (Державні санітарні норми)

В5. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми).

ДОДАТОК Г

Заходи по забезпеченню техніки безпеки

На підставі проведеного аналізу потенційних небезпек необхідно розробити заходи щодо забезпечення безпеки, які спрямовані на усунення або локалізацію цих небезпечних факторів і в подальшому забезпечують зниження отримання травм на робочому місці, а також значно зменшують можливість виникнення нещасного випадку.

Для запобігання потенційних небезпек фізичного характеру і з метою запобігання працівників від поранень, необхідно: проводити технічні заходи, наприклад, покращувати конструкції діючого обладнання, а також встановлювати нові захисні пристосування від машин, верстатів і нагрівальних установок, які усувають можливості випадків травматизму.

При токарній обробці на верстатах MDW20-S або 1722 можливо травмування робочого осколками деталі або інструменту, причиною чого може бути збій в керуючій програмі; захоплення обертовими частинами обладнання виступаючих частин одягу, причиною даної ситуації є недостатня увага співробітників і порушення правил техніки безпеки. Для вирішення цієї проблеми слід застосовувати згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» захисні пристрої з металевого листа з великим вікном з багатошарового скла із запобіжним кінцевим вимикачем які захищають працівника від попадання стружки на одяг або поверхню шкіри рук, захищають від попадання частин одягу у шпиндель верстату [Г1].

При шліфуванні на внутрішньошліфувальних верстатах Si-8 можливе попадання на тіло осколків розірваного кола через порушення технології і відсутності спецодягу. Для вирішення цього питання працівникові зобов'язані видати спецодяг, рукавиці та захисні окуляри які мають захищати його від потрапляння уламків стружки або ріжучого інструменту на поверхню шкіри. Згідно з НПАОП 0.00-1.30-01 «Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями» перед установкою на верстат планшайби з шліфувальним кругом

слід переконатися в надійному закріпленні кола, а також у відсутності на ньому тріщин, коло повино бути надійно закрито кожухом [Г2].

Згідно ДСТУ EN ISO 23125-2018 «Верстати. Безпечність. Верстати токарні» виробниче обладнання повинно забезпечувати безпеку працюючих як при монтажі, так і при експлуатації. Безпека конструкції виробничого обладнання забезпечується вибором принципів дії і конструктивних рішень, джерел енергії, параметрів робочих процесів; вибором технологічних процесів виготовлення; застосуванням вбудованих в конструкцію засобів захисту працюючих; застосуванням засобів механізації, автоматизації; дистанційного керування і контролю; можливістю використання засобів захисту, що не входять в конструкцію; виконанням ергономічних вимог; обмеженням фізичних і нервнопсихических навантажень на працюючих. Конструкція виробничого обладнання повинна виключати на всіх передбачених режимах роботи навантаження на деталі і складальні одиниці, здатні викликати руйнування, які становлять небезпеку для працюючих [Г3].

Електричні пристрої і вироби повинні бути заземлені відповідно до «Правила устрою електроустановок» (ПУЕ). Опір ізоляції електричних мереж та електричних пристроїв повинні відповідати НПАОП 40.1-1.01-97 «Правила безпечної експлуатації електроустановок» і нормам, встановленим в нормативно-технічній документації. Особливі заходи електробезпеки, відповідні ДНАОП 1.1.10-1.07-01 «Правила експлуатації електрозахисних засобів» передбачені для електротехнічних пристроїв з напругою вище 1000 В [Г4].

Згідно НПАОП 28.5-1.34-90 «Правила по безпеці праці при обробці металів різанням» при проектуванні технологічних процесів для забезпечення безпеки необхідно: усувати безпосередній контакт працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, готовою продукцією, що надають небезпечний і шкідливий вплив; замінювати технологічні процеси і операції, пов'язані з виникненням небезпечних виробничих факторів; проводити комплексну механізацію, автоматизацію, застосування дистанційного керування

технологічними процесами та операціями за наявності небезпечних і шкідливих виробничих факторів; застосовувати засоби захисту працюючих [Г5].

Згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» рекомендується встановлювати та кріпити огорожу на корпусі так щоб, вона була безпечною та виконувала захисні функції і не зменшувалась під взаємодією виробничих факторів [Г1].

Проводити організаційні заходи згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» всі вступники на роботу зобов'язані організовано ознайомитися з усіма правилами поведінки на території підприємства, а також з усіма правилами техніки безпеки, повинна проводитися постійна перевірка знань усіх правил безпеки; працюючі повинні бути забезпечені інструкціями з техніки безпеки, а також плакатами, на яких наочно проілюстровані небезпечні місця виробництва, а також нещасні випадки, які були попереджені. Періодично всі співробітники зобов'язані проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій або пожеж [Г6].

Згідно ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні» при роботі з вантажозахоплювальними пристроями обслуговуючий персонал повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту. Знімні вантажозахоплювальні пристрої можуть навантажуватись лише на ту масу, яка на 25% не перевищує їх вантажопідіймальність. При перевезенні деталі (цапфа задня) розподільником робіт на ручних візках або електрокарах не навантажувати їх вище вказаної межі і укладати деталі стійко і якщо буде потрібно, прив'язати їх до візка. Що впала з візка під час перевезення деталей може потрапити на ноги знаходиться поруч робочого і завдати йому травми [Г7].

На підприємстві, не залежно від масштабу виробництва, повинні бути передбачені адміністративні та побутові приміщення, які за призначенням

поділяються на: санітарно-побутові; охорони праці; громадського харчування; культурного обслуговування; адміністративного.

Вимоги до складу, розміщення, розмірів обладнання адміністративних та побутових приміщень згідно ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення».

Адміністративні і побутові приміщення, розміщуються в окремій споруді, яка з'єднується з виробничими будинками спеціальними теплими переходами. Ширина адміністративних і побутових багатоповерхових будинків дорівнює 18 м. Ширина прибудови до адміністративних і побутових приміщень при однобічному бічному природному освітленні необхідно приймати 12 м. Висота допоміжних приміщень яка занадто від підлоги до стелі повинна бути не менше 2,5 м, а до виступаючих конструкцій перекриттів обладнання та комунікацій - не менш 2,2 м [Г8].

Згідно СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» при обробці цапфи задньої верстати повинні встановлюватись послідовно. Відстань між верстатами залежить від габаритів верстата та становить 1 – 1,5 м . При обробці на верстаті MDW-20S з габаритами 6000x4000x2500 робоче місце працівника передбачено 4м. Ширина проходів між верстатами для безпечного пересування працівників становить 2,5 м та ширина проїзду для переміщення деталей та верстатів дорівнює 4 м. Повинно бути як мінімум два виходи для безпечної та швидкої евакуації працівників при виникненні аварійних ситуацій та двері повинні відкриватись назовні [Г9].

При виконанні вантажопідйомних, монтажних, вантажно-розвантажувальних та інших видів робіт на підприємстві завжди існує ризик отримання травми для співробітників, котрі виконують подібні задачі. Згідно Снп 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы» у побутових приміщеннях для запобігання травматизму та аварійних ситуацій при виконанні робіт з підвищеною небезпекою використовуються плакати по техніці безпеки які є обов'язковою вимогою правил охорони праці на підприємстві [Г10].

Також необхідно забезпечити наявність індивідуальних засобів захисту працівників: робочого одягу і взуття згідно НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення

про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту». Забороняється робота в легкому взутті, так як можна отримати поранення ніг гарячої та гострої стружкою металу [Г11].

При забезпеченні даних положень необхідно керуватися ДСТУ EN 14253-2018 «Вібрація механічна, вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова» [Г12].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ В

Г1. ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

Г2. НПАОП 0.00-1.30-01 «Правила безпечної роботи з інструментом і пристроями»

Г3. ДСТУ EN ISO 23125-2018 «Верстати. Безпечність. Верстати токарні»

Г4. ДСТУ EN 60204-32:2018 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1»

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

Г6. НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

Г7. ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні»

Г8. ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення». [На заміну СНиП 2.09.04-87 ; чинний від 2011-10-01]. К. : Міненбуд України, 2011. 31 с.

Г9. СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»

Г10. СНИП 3.05.01-85 «Внутренние санитарно-технические системы»

Г11. НПАОП 0.00-4.01-08 «Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту»

Г12. ДСТУ EN 14253-2018 «Вібрація механічна, вимірювання та обчислювання впливу на здоров'я загальної виробничої вібрації. Практична настанова».

ДОДАТОК Д

Забезпечення безпеки персоналу при виконанні слюсарних робіт

Виробнича діяльність слюсаря внаслідок різноманітності умов і характеру робіт вимагає прояви особливої уважності в роботі, всебічного знайомства з обладнанням, яким доводиться користуватися.

Для виконання виробничих завдань слюсарю необхідно застосовувати різний інструмент (механізований, електрифікований, пневматичний), а також використовувати верстатне обладнання для свердлильних, заточувальних та інших робіт, різні пристосування, механізми і транспортно-підйомні засоби.

Кожен слюсар зобов'язаний знати і строго виконувати всі вимоги по техніці безпеки, а адміністрація цеху, дільниці повинна забезпечити робоче місце всім необхідним і створити нормальні умови праці для безпеки

До самостійної роботи можуть бути допущені особи які:

1. Не молодші 18 років, які пройшли обов'язковий періодичний медичний огляд і не мають за його результатами медичних протипоказань до роботи в слюсарній майстерні;

2. Мають, як правило, вищу або середню спеціальну освіту в цій галузі;

3. Пройшли вступний інструктаж з електробезпеки, перевірку знань правил і норм з охорони праці з присвоєнням III групи допуску з електробезпеки;

4. Ознайомилися з інструкціями з експлуатації верстатів та механізмів, які розташовані в приміщенні слюсарної майстерні, цією інструкцією [Д1].

Перед початком роботи в слюсарній майстерні необхідно надягти спеціальний одяг і перевірити на відсутність видимих пошкоджень засоби індивідуального захисту (захисні окуляри, рукавички, килимки діелектричні), оглянути своє робоче місце, прибрати зайві предмети, що заважають, переконатися у відсутності зовнішніх пошкоджень верстатів, обладнання та механізмів [Д1].

Перед включенням верстатів в електричну мережу, слід встати на діелектричний килимок на підлозі (якщо покриття підлоги виконане із струмопровідного матеріалу).

У разі виникнення аварійних ситуацій (замикання електричної проводки, прорив водопровідних труб опалювальної системи, задимлення, загоряння обладнання тощо), які можуть призвести до отримання травми робочий зобов'язаний відключити несправне обладнання та негайно покинути майстерню [Д1].

При виявленні обриву проводів живлення або порушення цілісності їх ізоляції, несправності заземлення та інших пошкоджень електрообладнання, відчуття запаху гару, виникнення сторонніх звуків у роботі устаткування, верстатів та механізмів, появи тестових сигналів, які повідомляють про їх несправності, слід негайно припинити роботу, забезпечити припинення роботи всіма працівниками та відключити електромережу.

У разі травмування працівника, йому зобов'язано негайно надати першу долікарську допомогу, звернутися до медичної установи, повідомити про подію майстру групи [Д1].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Д

Д1. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

ДОДАТОК Ж

Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

При розробці заходів щодо усунення санітарно-гігієнічних причин можливого виникнення професійних захворювань або погіршення загального стану здоров'я працівників механічних ділянок, необхідно враховувати, що гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості навколишнього середовища, важкості та напруженості трудового процесу призначена для гігієнічної оцінки умов і характеру праці на робочих місцях з метою контролю умов праці співробітників на відповідність діючим санітарним правилам і нормам [Ж1].

Згідно «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») шкідливими виробничими факторами є:

- фізичні: мікроклімат, шум, вібрація, освітлення;
- хімічні: речовини хімічного походження;
- фактори трудового процесу: тяжкість, напруженість праці.

Залежно від кількісної характеристики і тривалості їх дії шкідливі виробничі фактори можуть стати небезпечними. Гігієнічні нормативи умов праці - рівні шкідливих виробничих факторів, які при щоденній 8-годинній роботі, але не більше 40 годин на тиждень протягом усього робочого стажу не повинні викликати захворювань або відхилень у стані здоров'я, які виявляються сучасними методами досліджень [Ж2].

Згідно ГОСТ 12.1.005-88. «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» оптимальні та допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони виробничих приміщень з урахуванням надлишків явного тепла, тяжкості виконуваної роботи і сезонів року.

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсування втрат в холодну пору року, на ділянці передбачено влаштування системи опалення відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» Встановлено опалювані повітряні завіси при вході та застосовується центральна система водяного опалення.

Таблиця 7.1 –Метеорологічні умови у робочому приміщенні

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря оптимальна, С°	Відносна вологість %	Швидкість повітря, м/с
Холодний період	Середньої важкості	18-20	40-60	0,2
Теплий період		21-23	40-60	0,3

Коливання температури повітря по горизонталі в робочій зоні (таблиця 7.1), а також протягом зміни допускається до 5°С, при цьому абсолютні значення температури повітря, виміряної на різній висоті і в різних ділянках приміщень протягом зміни, не виходять за межі допустимих величин [ЖЗ].

Нормовані параметри шуму на робочих місцях визначаються відповідно ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» Джерелами шуму на ділянці є обертові частини верстатів, електродвигуни, а також шум при обробці деталей. Одним з основних заходів є усунення причини шуму або істотне його ослаблення в самому джерелі його утворення при розробці технологічних процесів, про проектуванні шляхом поліпшень конструкцій, застосуванням примусової системи змащування частин, при цьому потрібно дотримуватися виконання нормативів - рівень звуку не більше 80 ДБА. Для усунення шуму і вібрації на ділянці застосовуються такі заходи: верстати, встановлені на фундаменти, віброізолюваного від конструкції будівлі; електродвигуни верстатів,

встановлені на прокладки; сполучення всмоктуючих і вихлопних повітроводів проводиться за допомогою гнучких патрубків. На ділянці застосовуються засоби колективного захисту, які регламентуються ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» [Ж4].

Для видалення пилу використовують механічну і місцеву вентиляції згідно ДСТУ Б А.3.2-12:2009 «Система стандартів безпеки праці. Системи вентиляційні. Загальні вимоги».

Недостатня освітленість робочих місць в процесі роботи може привести до появи шлюбу, погіршення зору робітника, неточності обробки.

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» на ділянці застосовується природне і штучне освітлення. У темний час доби, а також при недостатньому природному освітленні застосовують спільно газорозрядні лампи (загальне освітлення) і лампи розжарювання (місцеве освітлення). Правильно спроектоване та виконане освітлення забезпечує можливість нормальної діяльності, зберігає зір людини, стан його центральної нервової системи [Ж5].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Ж

Ж1. Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

Ж2. «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»)

Ж3. ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень»

Ж4. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку, [Електронний ресурс] : ДСН 3.3.6.037-99. – Чинний від 1999-12-01. – К. : МОЗ України, 1999.– URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va037282-99>. – (Державні санітарні норми)

Ж5. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

ДОДАТОК К

Заходи з пожежної безпеки

Згідно НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» пожежна безпека об'єкта повинна забезпечуватися системами запобігання пожежі і протипожежного захисту, в тому числі організаційно-технічними заходами.

Згідно НАПБ Б.01.008-2004 «Правила експлуатації вогнегасників» виробничі приміщення повинні бути обладнані переносними і пересувними вогнегасниками, які відповідають вимогам ДСТУ 3675-98 і ДСТУ 3734-98 (ГОСТ 30612-99). Для вибору типу і необхідної кількості вогнегасників необхідно враховувати фізико-хімічні та пожежонебезпечні властивості горючих речовин, характер їх взаємодії, а також площа приміщення [К1].

Для забезпечення безпечної евакуації людей повинні передбачатися заходи, спрямовані на:

- створення умов для своєчасної та безперешкодної евакуації людей у разі виникнення пожежі;

- захист людей на шляхах евакуації від дії небезпечних факторів пожежі.

Евакуація людей на випадок пожежі повинна передбачатися по шляхах евакуації через евакуаційні виходи. З ділянки в слід передбачати не менше двох евакуаційних виходів, а також їх двері і двері на шляхах евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу людей з будівлі.

Гасіння можливої пожежі і проведення пожежно-рятувальних робіт на ділянці повинні забезпечуватися такими конструктивними, об'ємно-планувальними та інженерно-технічними заходами:

- улаштуванням проїздів і під'їзних шляхів для пожежних машин, суміщених з функціональними проїздами та під'їздами, або спеціальних;

- улаштуванням зовнішніх пожежних драбин і забезпеченням інших способів підймання підрозділів пожежної охорони;

- улаштуванням протипожежного водопостачання (для зовнішнього і внутрішнього пожежогасіння);

- забезпеченням протидимного захисту шляхів прямування підрозділів пожежної охорони всередині будинку та обладнанням сходових кліток засобами зв'язку для використання їх цими підрозділами;
- обладнанням будинку в необхідних випадках індивідуальними і колективними засобами захисту та рятування людей;
- улаштуванням у будинках опорних пунктів пожежогасіння.

Розробка даних заходів з пожежної безпеки полягає у визначенні порядку дій, які спрямовані на збереження обладнання, матеріальних ресурсів в умовах виникнення загорянь, евакуації персоналу, забезпечення можливої участі в попередженні пожежі за допомогою спеціалізованих пожежних підрозділів, мінімізації збитків виробництва [K2].

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ К

К1. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. К. : МВС України, 2018. 23 с. (Правила)

К2. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. К. : Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Державні будівельні норми)

ДОДАТОК Л

Заходи безпеки у надзвичайних ситуаціях

Основні норми поведження і дії при аваріях з викидом сильнодіючих отруйних речовин

Сильнодіючі отруйні речовини (СДОР) – це хімічні речовини, які призначаються для застосування в народногосподарських цілях і володіють токсичністю, здатною викликати масові ураження людей, тварин і рослин. Серед них найбільш часто зустрічаються хлор, аміак, сірководень, синильна кислота, сірчистий ангідрид, бромистий водень [Л1].

Хлор – зеленувато-жовтий газ з характерним різким задушливим запахом. Мало розчинний у воді. Важчий за повітря. Може проникати в нижні поверхи та підвальні приміщення будівлі. Зберігається та перевозиться у зрідженому стані. Вибухонебезпечний в суміші з воднем. Не горючий. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. Підтримує горіння органічних речовин. Ознаки поразки – різка біль у грудях, сухий кашель, блювання, порушення координації руху, задишка, різь в очах, сльозотеча. Можливий смертельний результат при вдиханні високих концентрацій.

Гранично допустима концентрація (ГДК) в повітрі-1 мг/м³ .

Перша допомога – надіти протигаз і вивести на свіже повітря. Інгаляція киснем. При подразненні дихальних шляхів вдихання нашатирного спирту, чайної соди. Промивання очей, носа і рота 2%-вим розчином питної соди. Тепле молоко.

Захист – протигаз, ватно-марлева пов'язка, змочена 2% розчином питної соди. Виявлення за допомогою універсального газового аналізатора УГ-2 [Л1].

Аміак – безбарвний газ з різким запахом. Добре розчинний у воді. Перевозиться та зберігається у зрідженому стані. Горить при наявності постійного джерела вогню. Пари утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші. Ємкості з аміаком можуть вибухати при нагріванні. При малих

концентраціях спостерігаються незначні подразнення очей і верхніх дихальних шляхів.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – 20 мг/м³.

Перша допомога – свіже повітря, вдихання теплих водяних парів, тепле молоко з содою. При задусі – кисень, при спазмі голосової щілини – тепло на область шиї, теплі водяні інгаляції. При попаданні в очі – негайне промивання водою. При ураженні шкіри – обмивання чистою водою, накладення примочки з 5%-водного розчину оцтової або лимонної кислоти [Л1].

Сірководень – безбарвний газ з характерним запахом тухлих яєць. Важчий за повітря. Зріджується, легко запалюється. З повітрям дає вибухонебезпечні суміші. З Першою ознакою ураження служить втрата нюху. Надалі з'являється головний біль, запаморочення, нудота. Через деякий час може наступити раптова непритомність.

Гранично допустима концентрація (ГДК) в повітрі робочої зони 10 мг/м³.

Протиотрутою насамперед служить свіже повітря. Ураженим по можливості дають дихати киснем [Л1].

Синильна кислота – безбарвна, дуже летуча рідина, можна виявити за характерним запахом гіркого мигдалю. Швидкодіючий, згораючи втрачає вражаючі властивості.

Штучне дихання робити тільки при різкому задушенні дихання.

Сірчистий ангідрид – безбарвний газ з різким запахом. Розчинний у воді. Зріджується. Транспортується в рідкому стані. Негорючий. Ємкості можуть вибухати при нагріванні. Подразнює дихальні шляхи, викликаючи спазм бронхів і збільшення опору дихальних шляхів, порушують вуглеводневий та білковий обмін. Дратує кровотворні органи. У початковій стадії при малих концентраціях спостерігається подразнення очей і носоглотки, чхання, кашель. З'являється блювання, мова і ковтання утруднені. Смерть настає від задухи внаслідок рефлексорного спазму голосової щілини, раптової зупинки кровообігу в легенях або шоку.

Гранично допустима концентрація – 10 мг/м³.

Захист — проти газ (ватно-марлева пов'язка) [Л1].

Бромистий водень – безбарвний газ з різким запахом, досить легко перетворюється в рідину. Добре розчинний у воді. Один об'єм води здатен розчинити до 500 обсягів бромистого водню. Водний розчин представляє типову кислоту. На повітрі димить. Транспортується в рідкому вигляді. У рідкому вигляді, потрапляючи на шкіру викликає опік.

Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони 0,5 мг/м³.

Захист – - протигаз (ватно-марлева пов'язка).

Отримавши інформацію про викид в атмосферу сильнодіючих отруйних речовин і про небезпеку хімічного зараження, надягніть засоби індивідуального захисту органів дихання, найпростіші засоби захисту шкіри (плащі, накидки), сховайтесь в найближчому притулку або покиньте район аварії.

Якщо відсутні засоби індивідуального захисту, немає поблизу притулку і вийти з району аварії неможливо, залишіться в приміщенні щільно закрийте вікна і двері, димоходи, вентиляційні віддушини. На входні двері повісьте штори, використовуючи ковдри і будь-які щільні тканини. Заклейте щілини у вікнах і стики рам плівкою, лейкопластиром або звичайним папером. [Л2].

Не можна ховатися на перших поверхах багатоповерхових будинків, підвальних і напівпідвальних приміщення. Аварія може застати вас на вулиці, в транспорті. Тому, почувши розпорядження про евакуацію, будьте уважні до вказівок штабу цивільного захисту [Л2].

Виходьте із зони хімічного зараження в бік, перпендикулярний напрямку вітру. Уникайте переходи через тунелі, яри, лощини – в низьких місцях вище концентрація сильнодіючих отруйних речовин. Вийшовши із зони зараження, зніміть верхній одяг, залиште його на вулиці, прийміть душ, вмийтеся з милом, промийте очі і прополощіть рот. При підозрі на ураження сильнодіючими отруйними речовинами виключайте будь-які фізичні навантаження, прийміть пиття (чай, молоко тощо) та зверніться до медичного працівника [Л2].

Особливості проведення рятувальних робіт в осередку хімічного ураження витікають з характеру зараження сильно діючими хімічними отруйними речовинами. В осередку хімічного зараження не буде розрухи та пожегарів, тому рятувальні роботи зводяться до надання допомоги ураженим, їх евакуації у

медичні заклади, позначенню та оточенню осередків ураження, знезараженню місцевості, транспорту, будівель, а також санітарної обробки людей [Л2].

Рятувальні роботи ведуть в першу чергу зведені загони (команди) спеціального захисту, а при їх відсутності – зведені загони (команди, групи) загального призначення, на допомогу яким виділяються формування протихімічного захисту, медичні тощо [Л2].

ПЕРЕЛІК ДжЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ ДОДАТКУ Л

Л1. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438

Л2. Демиденко Г. П. [и др.]. Повышение устойчивости работы объектов народного хозяйства в военное время : учебное пособие. К. : Вища шк. Головное изд-во, 1984. 232 с.