

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний інститут, машинобудівний факультет

(повне найменування інституту, факультету)

Кафедра «Технології машинобудування»

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Особливості технологічного процесу обробки деталі з титанового сплаву»

Виконав: студент II курсу, групи М-119м

Спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

«Технології машинобудування»

Бабіч Р.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник Козлова О.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Широкобоков В.В.

(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри С.І. Дядя

« _____ » _____ 20__ року

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

Бабіча Руслана Максимовича
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Особливості технологічного процесу обробки деталі з титанового сплаву

керівник проекту (роботи) Козлова О.Б., канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » 12 2020 року №368

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 10.12.2020

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Робоче креслення деталі;
річна програма випуску N=1000 дет.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина; 2. Конструкторська частина; 3. Автоматизація завантаження заготовок; 4. Розрахунок на міцність. Визначення Напружено-деформованого стану деталі; 5. Спеціальне завдання. Анодно-імпульсне окислювання титанових сплавів; 6. Оцінка очікуваної ефективності розробки; 7. Охорона праці.

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 УП для верстатів з ЧПК та лист автоматизації, креслення робочого та контрольного пристосувань; графічне зображення результатів розрахунку деталі на міцність; креслення до спецзавдання

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання « 03 » вересня 20 20 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	24.09.2020	
2	Конструкторська частина	08.10.2020	
3	Автоматизація завантаження заготовок	15.10.2020	
4	Розрахунок на міцність. Визначення Напружено-деформованого стану деталі	22.10.2020	
5	Спеціальне завдання. Анодно-імпульсне окислювання титанових сплавів	05.11.2020	
6	Оцінка очікуваної ефективності розробки	12.11.2020	
7	Охорона праці	19.11.2020	
8	Оформлення пояснювальної записки.	26.11.2020	
9	Нормоконтроль і рецензія.	30.11.2020	
10	Захист курсового проекту.	10.12.2020	

Студент(ка)

_____ (підпис)

Бабіч Р.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Козлова О.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 123 с., 39 рисунків, 10 таблиць, 3 додатків, 22 посилання, 19 посилань в додатку.

Об'єкт дослідження – прохідник.

Мета магістерської роботи – проектування технологічного процесу з врахуванням особливостей виробництва прохідника; дослідження можливостей конструкції деталі, особливостей її виготовлення, необхідності застосування нового інструменту та обладнання.

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

В магістерській роботі виконано роботу за проектування технологічного процесу виготовлення прохідника, вибрано устаткування, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, запропоновані рекомендації по вибору сучасного обладнання для обробки отворів малого діаметру і заходи щодо автоматизації та механізації процесу, при розробці враховані норми охорони праці.

БАЗА, ПРОХІДНИК, ВЕРСТАТ, ДОПУСК, ЕСКІЗ, ЗАГОТОВКА, КВАЛІТЕТ, НАЛАГОДЖЕННЯ, ОБЛАДНАННЯ, ПРИПУСК, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, РІЗЕЦЬ, РОЗМІР, СОБІВАРТІСТЬ ТЕРМООБРОБКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ТОЧНІСТЬ, ШОРСТКІСТЬ,.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки.....	7
Вступ.....	8
1 Технологічна частина.....	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі.....	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт.....	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі.....	14
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність.....	14
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	16
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.....	22
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	22
1.6 Розрахунок режимів різання	30
1.7 Розрахунок технічної норми часу	44
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПУ, з використанням NXCAM або іншої програми, що має CAM-модуль.....	52
1.8.1 Розробка токарної операції.....	52
1.8.2 Розробка свердлильної операції.....	55
1.8.3 Розробка фрезерної операції.....	56
2 Конструкторська частина.....	59
2.1 Проектування робочого пристосування.....	59
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування.....	59
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність.....	60
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску.....	62
2.2 Проектування контрольного пристосування.....	65

3 Автоматизація завантаження заготовок	69
4 Розрахунок на міцність. Визначення НДС деталі	83
5 Анодно-імпульсне оксидування титанових сплавів.....	86
6 Оцінка очікуваної ефективності розробки.....	96
7 Охорона праці.....	98
Висновок.....	100
Перелік джерел посилання.....	101
Додаток А. Специфікація робочого пристосування.....	103
Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування.....	105
Додаток В. Заходи по забезпеченню безпеки.....	107

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

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

ВСТУП

Підвищення можливостей авіаційних ГТД: енергоефективності, ресурсу, надійності і зменшення витрат палива при одночасному забезпеченні ефективності їх серійного виробництва, є однією з найважливіших задач розвитку і конкурентоспроможності авіаційної техніки під час переходу до ринкової економіки.

Для реалізації цього завдання доводиться ускладнювати конструкції виробів, посилювати норми точності, оптимізувати запас міцності деталей, застосовувати нові матеріали, це визиває необхідність у пошуку нових технологій, для зниження собівартості виготовлення деталей. З метою зниження кошторису виготовлення деталей ГТД, необхідно застосовувати автоматизацію окремих технологічних операцій, розглядати можливість застосування прогресивного обладнання та верстатів, вести роботи щодо удосконалення конструкції деталей, необхідно також враховувати і економічну доцільність прийнятих рішень.

Важливими чинниками які допомагають вирішити поставлені задачі є:

- впровадження сучасних прогресивних методів обробки;
- підвищення надійності та технологічності конструкції проєктуємої деталі;
- використання без відхідних технологій технологій;
- застосування сучасних методів отримання заготовок;
- автоматизація систем контролю;
- використання сучасних верстатів;
- зменшення впливу людського фактору;

З урахуванням викладених факторів, був розроблений технологічний процес виробництва прохідника сучасного газотурбінного двигуна в серійному виробництві.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Прохідник» (рис. 1.1) відноситься до 71 класу – «Тіл обертання», типу втулок, фланців, входить до 8 ступеня компресора високого тиску та складається з таких конструктивних елементів:

При експлуатації деталь «Прохідник» випробує напруги кручення та згину.

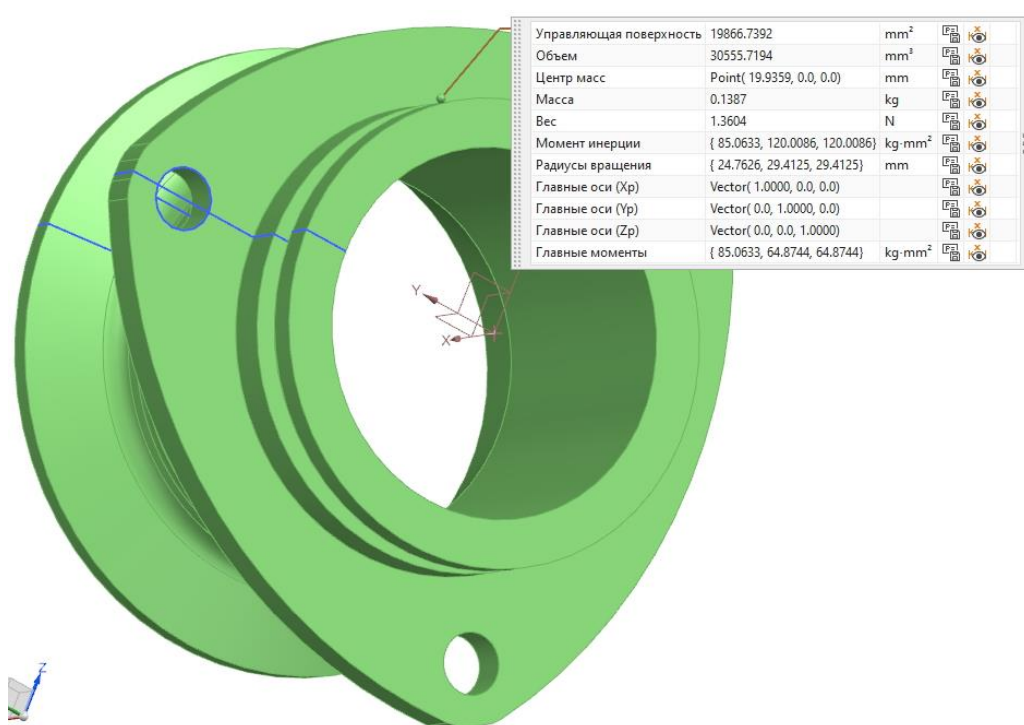


Рисунок 1.1 – Деталь «Прохідник»

Матеріал для виготовлення деталі: титановий сплав ВТ 8 ОСТ 190266-86. Хімічний склад матеріалу деталі надається в табл. 1, механічні властивості у табл. 2.

Таблица 1.1 – Хімічний склад сплаву ВТ 8 ОСТ 190266-86 у відсотках

Fe	C	Si	Mo	N	Ti	Al	Zr	O	H
до 0.3	до 0.1	0.2 - 0.4	2.8 - 3.8	до 0.05	87.55 - 90.9	5.8 - 7	до 0.5	до 0.15	до 0.015

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сплаву ВТ 8 ОСТ 190266-86

Вид вихідного матеріалу	Размер мм	Напр.	σ_b МПа	σ_T МПа	δ_5 %	ψ %	КСУ кДж / м ²
Прутки, ГОСТ 26492-85			930-980		6-8	15-20	200-300

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані:

норма випуску..... $N = 1000$ шт.

маса деталі..... $q = 0,14$ кг

Тип виробництва визначаємо за номенклатурою, регулярністю і стабільністю випуску деталей. Враховуючи програму випуску, масу деталі, приймаю серійний поточний тип виробництва.

Розмір партії визначаємо за формулою (1.1) [1]:

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

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

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

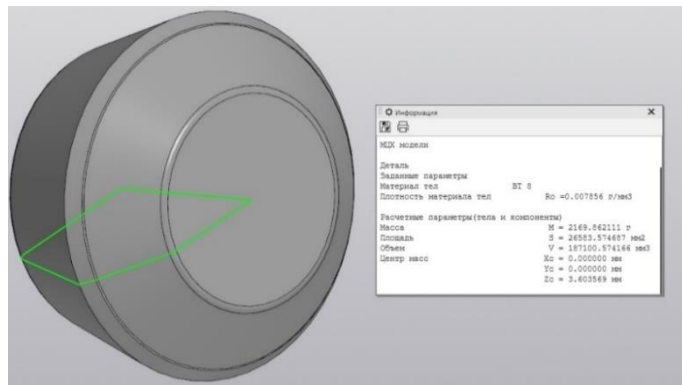
$$n = \frac{2 \cdot 1000}{250} = 8 \text{ шт.}$$

При цьому для забезпечення зменшення витрат на виробництво необхідно щоби операції виконувались рівномірно а верстати мали би великий чинник завантаження.

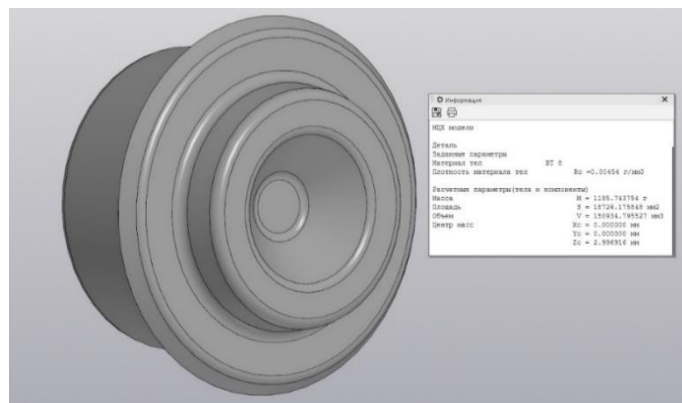
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Для деталі «Прохідник» (рис. 1.2 а, б) виконуємо економічне обґрунтування доцільності застосування обраного варіанту отримання заготовки. В даному випадку обираю серед:

- заготовки штамповка КГШП (рис. 1.2а);
- заготовки ГKM (рис. 1.2б).



а



б

Рисунок 1.2 – Маса заготовок: а – заготовка ГKM; б – заготовка КГШП

Вихідні дані:

- матеріал заготовки: титановий сплав BT8;
- маса деталі: $Q = 0,138$ кг;

- програма випуску: $N = 10000$ од.

Розрахуємо чинник використання матеріалу за формулою (1.2) [1]:

$$\eta = \frac{Q_{\text{дет}}}{Q_{\text{заг}}}, \quad (1.2)$$

де $Q_{\text{дет}}$, $Q_{\text{заг}}$ – маса деталі та заготовки відповідно.

Для заготовки ГKM та KГШП матимемо:

$$\eta_1 = \frac{0,138}{2,169} = 0,06.$$

$$\eta_2 = \frac{0,138}{1,185} = 0,12.$$

Собівартість отриманої заготовки розраховуємо за формулою (1.3) [1]:

$$C = \frac{C_B}{1000} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{\Pi} - \frac{(Q - q)}{1000} \cdot S, \quad (1.3)$$

де C_B – базова вартість 1 т заготовок, які отримані цим методом, грн;

$Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

K_T – чинник, що враховує точність заготовки [2, табл. 1.24, с. 18];

K_M – чинник, що враховує матеріал [2, табл. 1.25, с. 18];

K_C – чинник, що враховує складність заготовки [2, табл. 1.26, с. 19];

K_B – чинник, що враховує масу заготовки [2, табл. 1.27, с. 19];

K_{Π} – чинник, що враховує програму випуску [2, табл. 1.28, с. 19];

S – вартість 1 т стружки, грн [2, табл. 1.5, с. 13].

Для ГKM та KГШП матимемо:

$$C_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 2,169 \cdot 1,05 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,75 \cdot 1 - \frac{(2,169 - 0,138)}{1000} \cdot 140 = 7,67 \text{ грн.}$$

$$C_2 = \frac{3000}{1000} \cdot 1,185 \cdot 1 - \frac{(1,185 - 0,138)}{1000} \cdot 140 = 3,41 \text{ грн.}$$

Економічний ефект розраховуємо за формулою (1.4) [1]:

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

$$E_B = (7,67 - 3,41) \cdot 1500 = 6390 \text{ грн.}$$

Економія метала визначається за формулою (1.5) [1]:

$$M_1 = \frac{Q(\eta_1 - \eta_2)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N, \text{ кг} \quad (1.5)$$

$$M_1 = \frac{0,138 \cdot (0,12 - 0,06)}{0,12 \cdot 0,06} \cdot 1500 = 1725 \text{ кг.}$$

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами заготовок

Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіант заготовки	
			ГКМ	КГШП
Маса	Q	кг	0,138	0,138
Припуск	Z	мм	2,5	1,18
Баз. ціна 1 т заготовок	C _Б	грн.	3500	3000
Поправочні чинники	K _Т	-	1,05	1
	K _М	-	1	1
	K _В	-	1,33	1
	K _З	-	1,75	1
	K _П	-	1	1
Вартість 1 т стружки	S	грн.	140	140
Собівартість 1 т заготовок	C	грн.	7,67	3,41
КВМ	η	-	0,06	0,12

Оскільки $C_1 = 7,67$ грн більше, ніж $C_2 = 3,41$ грн та $\eta_1 = 0,06$ менше за $\eta_2 = 0,12$ обираємо більш раціональний метод отримання заготовки а саме: КГШП.

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Матеріал деталі обробляється різанням задовільно. Прохідник має складну геометрію, він відноситься до тіл обертання з головною віссю симетрії. Має низьку жорсткість тонку стінку, та наскрізний отвір.

Первинний аналіз робимо на основі оцінки якісних показників деталей що проектується має: складну форму, тонку стінку, нормальну точність, достатню кількість уніфікованих елементів, підлягає обробки звичайним інструментом, поверхні деталі доступні для обробки.

Чинник використання деталі визначено в попередньому пункті:

$$0,12 < 0,8$$

По цьому показнику деталь не технологічна.

Чинник уніфікації визначається за формулою (1.6) [1]:

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{yэ}}{Q_э} > 0,6, \quad (1.6)$$

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

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

За цим показником деталь технологічна.

Чинник точності визначається за формулою (1.7) [1]:

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

де $A_{\text{ср}}$ – середній квалітет точності.

Визначається за формулою (1.8) [1]:

$$A_{\text{ср}} = \frac{14 \times n_1 + 13 \times n_2 + \dots + 6 \times n_n}{\Sigma n}, \quad (1.8)$$

де $n_{1...n}$ – кількість розмірів, котрі мають відповідний квалітет;

Σn – кількість усіх розмірів.

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

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

За цим показником деталь технологічна.

Чинник шорсткості визначається за формулою (1.9) [1]:

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

де $B_{\text{ср}}$ – середній квалітет шорсткості.

Визначається за формулою (1.10) [1]:

$$B_{\text{ср}} = \frac{K_5 \times n_1 + K_4 \times n_2 + \dots + K_8 \times n_n}{\Sigma n}, \quad (1.10)$$

де $K_{5...8}$ - клас шорсткості;

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

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

$$K_u = \frac{1}{5,33} = 0,19 < 0,32.$$

За цим показником деталь технологічна.

Так як за показником використання матеріалу деталь нетехнологічна та і загальний висновок робимо, що деталь нетехнологічна.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Для поверхні Ø48f7 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [2, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,9$ мм, шорсткість деталі $R_a = 6,3$ мкм, допуск $Td = 0,025$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.11), (1.12) [3]:

$$\varepsilon_d = \frac{Td_3}{Td_0}, \quad (1.11)$$

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,025} = 76.$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Ra_3}{Ra_0}, \quad (1.12)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{1,6} = 15,62.$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За показником точності цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.13) [1]:

$$k = 2 \cdot \lg \varepsilon_d, \quad (1.13)$$

$$k = 2 \cdot \lg 76 = 3,76.$$

Приймаємо $k = 4$

Розподіл обробки за квалітетами $IT = IT_{16} - IT_7 = 9 = 3 + 3 + 2 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT_{16} - IT_{13} - IT_{10} - IT_8 - IT_7$

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

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

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.11), (1.12) [1]:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,9}{0,81} = 2,35,$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

Для поверхні $\varnothing 38H10$ шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [2, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,9$ мм, шорсткість деталі $R_a = 6,3$ мкм, допуск $Td = 0,1$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.11), (1.12):

$$\varepsilon_d = \frac{1,9}{0,1} = 19.$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{6,3} = 3,97.$$

Визначаючим показником якості цієї поверхні буде показник точності геометричного розміру, так як він вимагає найбільшого уточнення. За цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.13):

$$k = 2 \cdot \lg 19 = 2,56.$$

Приймаємо $k = 3$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT_{16} - IT_{10} = 6 = 3 + 2 + 1$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT_{16} - IT_{13} - IT_{11} - IT_{10}$.

Призначаємо методи обробки за переходами. Заготівельна – розточування чорнове – розточування напівчистове – розточування чистове.

За [2, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, див. табл. 1.4. Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.11), (1.12):

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,9}{0,62} = 2,1.$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в табл. 1.4.

1.4.3 План виготовлення деталі.

Маршрут обробки заготовки (МОЗ) – це перелік операцій, в якому на основі компоновки попередньо розрахованого МОП встановлено перелік та послідовність операцій технологічного процесу, вказано тип та модель верстату, , розроблені схеми встановлення деталі, надані вхідні та вихідні характеристики поверхонь, що оброблюються.

Проектування МОЗ являє собою багатофакторну техніко-економічну задачу з великою кількістю варіантів розв’язання.

Етапний маршрут виготовлення прохідник:

- 1 етап – отримання заготовки.
- 2 етап – обробка різанням (чорнова та чистова обробка).
- 3 етап – термічна обробка.
- 4 етап – абразивна (чорнова та чистова обробка).
- 5 етап – мийна.
- 6 етап – контроль.

Вибір технологічного обладнання: тип верстату визначають на етапі проектування МОЗ, призначив метод механічної обробки.

Маршрут виготовлення деталі прохідник показана на кресленні НУЗП 712003.003

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 48h6(-0,025_{-0,050})$

Для заготовки нормативні значення $Rz=100$ мкм и $h=140$ мкм приймаємо в залежності від маси заготовки [2].

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{см}$ та короблення $\rho_{кор}$. Для штамповки нормальної точності (серійне виробництво) [2]: $\rho_{см}=450$ мкм, $\rho_{кор}=\Delta_k \times l = 3 \times 72,22 = 216$ мкм = 0,216 мм.

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (1.14) [2, 3]:

$$\rho_1 = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2}, \quad (1.14)$$

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

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

Для точіння чорнового нормативні значення Rz , h [2, 3]: $Rz_2=50$ мкм, $h_2=50$ мкм, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0.06 \times 500 = 30$ мкм = 0,03 мм, $k=0,06$ – чинник уточнення.

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою (1.15) [1]:

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{Td_{заг}^2 + 1}, \quad (1.15)$$

де $Td_{заг}=1,9$ мм – допуск бази заготовки.

$$\varepsilon_2 = 0,25 \cdot \sqrt{1,9^2 + 1} = 0,537 \text{ мм} = 537 \text{ мкм.}$$

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , прийmemo [2, 3]: $Rz_3=25$ мкм, $h_3=25$ мкм, $\rho_3=1,5$ мкм, $\varepsilon_3=32,22$ мкм.

Для точіння чистового нормативні значення Rz , h , прийmemo [2, 3]: $Rz_4=10$ мкм, $h_4=10$ мкм, $\rho_4=0$ мкм, $\varepsilon_3=1,61$ мкм.

Для шліфування чорнового нормативні значення R_z , h , прийmemo [2, 3]:
 $R_{z3}=5$ мкм, $h_3=5$ мкм, $\rho_3=0$ мкм, $\varepsilon_3=0$ мкм.

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1\min} = 2 \cdot \left[50 + 50 + \sqrt{(500^2 + 537^2)} \right] = 1667 \text{ мкм} = 1,667 \text{ мм.}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2\min} = 2 \cdot \left[25 + 25 + \sqrt{(30^2 + 32,22^2)} \right] = 188,05 \text{ мкм} = 0,188 \text{ мм.}$$

Для точіння чистового:

$$2Z_{3\min} = 2 \cdot \left[10 + 10 + \sqrt{(1,5^2 + 1,6^2)} \right] = 44,39 \text{ мкм} = 0,044 \text{ мм.}$$

Для шліфування чорнового:

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

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.16) [2, 3]:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{НОМ}} + \text{eid}_5, \quad (1.16)$$

$$d_5^{\min} = 48 + (-0,050) = 47,95 \text{ мм.}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі (1.17) [2, 3]:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min}, \quad (1.17)$$

$$\begin{aligned} d_4^{\min} &= 47,95 + 0,02 = 47,97 \text{ мм}, \\ d_3^{\min} &= 47,97 + 0,044 = 48,014 \text{ мм}, \\ d_2^{\min} &= 48,014 + 0,188 = 48,202 \text{ мм}, \\ d_1^{\min} &= 48,202 + 1,667 = 49,869 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.18) [2, 3]:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i, \quad (1.18)$$

$$\begin{aligned} d_5^{\max} &= 47,95 + 0,025 = 47,975 \text{ мм}, \\ d_4^{\max} &= 47,97 + 0,033 = 48,003 \text{ мм}, \\ d_3^{\max} &= 48,014 + 0,084 = 48,098 \text{ мм}, \\ d_2^{\max} &= 48,202 + 0,81 = 49,012 \text{ мм}, \\ d_1^{\max} &= 49,869 + 1,9 = 51,769 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки по формулі (1.19) [2, 3]:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max}, \quad (1.19)$$

$$\begin{aligned} 2z_2^{\max} &= 51,769 - 49,012 = 2,757 \text{ мм}, \\ 2z_3^{\max} &= 49,012 - 48,098 = 0,914 \text{ мм}, \\ 2z_4^{\max} &= 48,098 - 48,003 = 0,095 \text{ мм}, \\ 2z_5^{\max} &= 48,003 - 47,975 = 0,028 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи формулу (1.20) [2, 3]:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}, \quad (1.20)$$

$$3819 - 1894 = 1900 + 25.$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою (1.21) [2, 3]:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{min}} + ei_1, \quad (1.21)$$

$$d_{1\text{ном}} = 49,869 + 0,6 = 50,5 \text{ мм.}$$

Виконуваний розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 50,5^{+1,3}_{-0,6}$ виконувані розміри за наступними переходами записуємо в системі «валу», за розмір приймаємо максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі дані заносимо в табл. 1.5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню $\varnothing 38\text{H}10$ виконується методом розмірних ланцюгів.

Розрахунок виконуємо табличним методом. За [4, табл. 27, с. 186] знаходимо мінімальні припуски механічної обробки:

Розточування чорнове $2Z_{2\text{min}}=1,5 \text{ мм}$;

Розточування напівчистове $2Z_{3\text{min}}=0,35 \text{ мм}$;

Розточування напівчистове $2Z_{4\text{min}}=0,15 \text{ мм}$;

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.22) [2, 3]:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{ном}} + eid_4 = 38 + 0 = 38 \text{ мм.} \quad (1.22)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.23) [2, 3]:

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} - 2_{i+1}^{min} - Td_i, \quad (1.23)$$

$$\begin{aligned} d_4^{min} &= 38 - 0,15 - 0,33 = 37,52 \text{ мм}, \\ d_3^{min} &= 37,52 - 0,35 - 0,62 = 36,55 \text{ мм}, \\ d_1^{min} &= 36,55 - 1,5 - 1,9 = 33,15 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою (1.24) [2, 3]:

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i, \quad (1.24)$$

$$\begin{aligned} d_1^{max} &= 33,15 + 1,9 = 35,05 \text{ мм}, \\ d_3^{max} &= 36,55 + 0,62 = 37,17 \text{ мм}, \\ d_4^{max} &= 37,52 + 0,33 = 37,85 \text{ мм}, \\ d_5^{max} &= 38 + 0,1 = 38,1 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Розраховуємо максимальні припуски поверхні для переходів за формулою (1.25) [2, 3]:

$$2Z_{imax} = d_i^{max} - d_{i+1}^{min}, \quad (1.25)$$

$$\begin{aligned} 2Z_{min1} &= 37,17 - 33,15 = 4,02 \text{ мм}, \\ 2Z_{min3} &= 37,85 - 36,55 = 1,3 \text{ мм}, \\ 2Z_{min4} &= 38,1 - 37,52 = 0,58 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи формулу (1.20) [2, 3]:

$$4,95 - 3,04 = 1,9 + 0,1.$$

Виконуваний розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 33,8^{+0,6}_{-1,3}$ виконувані розміри за іншими переходам виконуємо в системі «отвору», за номінальний розмір приймаємо мінімальні значення розміру поверхні плюс допуск на обробку як верхнє відхилення, всі данні заносимо в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

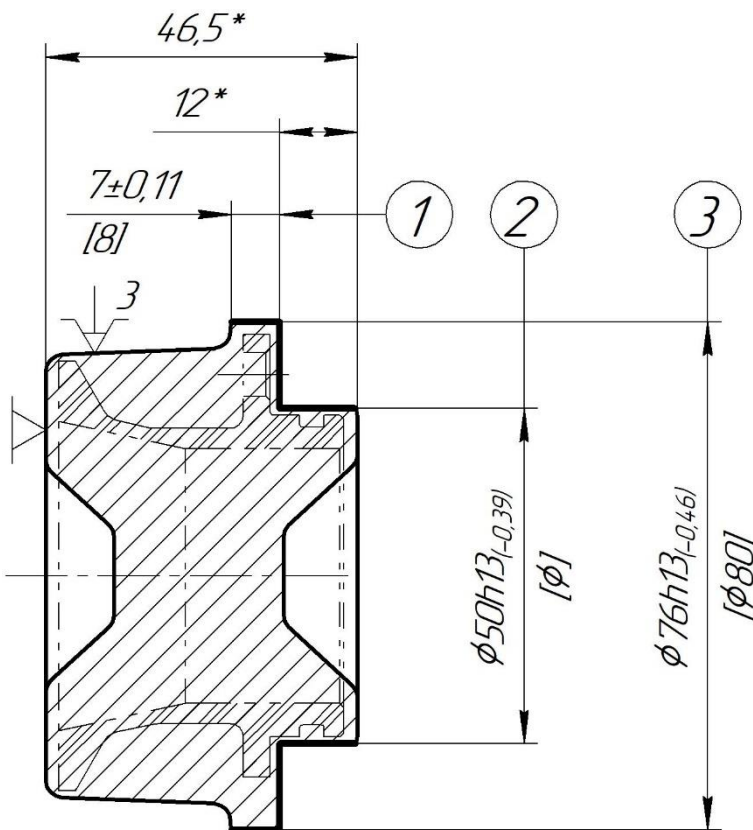
№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмір, мм
		Rz	h	ρ	ε	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				2Z _{max}	2Z _{min}	
Ø48Г7	Заготовка	100	140	500	-	-	49,869	1,9	51,769	49,869	-	-	Ø50,5 ^{+1,3} _{-0,6}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	30	537	1667	48,202	0,81	49,012	48,202	2757	1667	Ø49 _{-0,81}
	Точ. напів/чист	25	25	1,5	32,22	188	48,014	0,084	48,098	48,014	914	188	Ø48,1 _{-0,084}
	Точ. чист	10	10	0	1,6	44	47,97	0,033	48,003	47,97	96	44	Ø48 _{-0,033}
	Шліф. Чорн.	5	5	0	0	20	47,95	0,025	47,975	47,95	28	20	Ø48 _{-0,025} ^{-0,050}
Ø28Н11	Заготовка					-	33,15	1,9	35,05	33,15	-	-	Ø33,8 ^{+0,6} _{-1,3}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Розточ.чорн.					1500	36,55	0,62	37,17	36,55	4020	1500	Ø36,55 ^{+0,62}
	Розточ. п/чист					350	37,52	0,33	37,85	37,52	1300	350	Ø37,52 ^{+0,33}
	Розточ. чист					150	38	0,1	38,1	38	580	150	Ø38 ^{+0,1}
Ø44,3h8	Заготовка					-	46,413	1,9	48,313	46,413	-	-	Ø47,7 ^{+1,3} _{-0,6}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.					1700	44,713	0,81	45,523	44,713	2790	1700	Ø45,5 _{-0,81}
	Точ. напів/чист					250	44,463	0,125	44,588	44,463	935	250	Ø44,6 _{-0,125}
	Точ. чист					115	44,348	0,084	44,432	44,348	156	115	Ø44,43 _{-0,084}
	Шліф. Чорн.					87	44,261	0,039	44,3	44,261	132	87	Ø44,3 _{-0,039}
Ø4h8	Заготовка					-	5,712	0,9	6,612	5,712	-	-	Ø6,31 ^{+0,6} _{-0,3}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.					1000	4,712	0,63	5,342	4,712	1270	1000	Ø5,34 _{-0,63}
	Точ. напів/чист					550	4,162	0,39	4,552	4,162	790	550	Ø4,55 _{-0,39}
	Точ. чист					125	4,037	0,039	4,076	4,037	476	125	Ø4,08 _{-0,039}
	Шліф. Чорн.					55	3,982	0,018	4	3,982	76	55	Ø4 _{-0,018}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – титановий сплав ВТ 8

Операція 015 Токарна з ЧПК

$\sqrt{Ra\ 12,5}$



** розмір для довідок*

Рисунок 1.3 – Ескіз операції №015 Токарна з ЧПУ

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ АТПр 2М12СН1.
Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Точити поверхні 1,2,3

Інструмент – різець розточний упорний з пластиною з твердого сплаву
Т5К10

Глибина різання $t_1=1,0$ мм

Подача визначається за формулами (1.27), (1.28) [2, 13]:

$$S_o = S_{o_T} \cdot K_{S_o}, \quad (1.27)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \cdot K_{S_{IH}} \cdot K_{S_{\phi}} \cdot K_{S_3} \cdot K_{S_{Ж}} \cdot K_{S_M}, \quad (1.28)$$

де $S_{o_T} = 0,2$ мм/об [3, т.26, стр. 237];

$K_{S_{II}}$ – чинник, що враховує стан оброблюваної поверхні, $K_{S_{II}}=1,0$;

$K_{S_{IH}}$ – чинник, що враховує матеріал інструменту, $K_{S_{IH}}=1,0$;

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

K_{S_3} – чинник, що враховує вплив закалки, $K_{S_3}=0,8$;

$K_{S_{Ж}}$ – чинник, що враховує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{Ж}}=0,83$;

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

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

$$S_o = 0,2 \cdot 0,46 = 0,092 \approx 0,1 \text{ мм/об}.$$

Визначаємо швидкість різання за формулами (1.29), (1.30) [2, 13]:

$$V = V_T \cdot K_V, \quad (1.29)$$

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{\phi}} \cdot K_{V_T} \cdot K_{V_{Ж}} \cdot K_{V_{П}} \cdot K_{V_O}, \quad (1.30)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=144$ м/хв, [3, т.36, стр. 243]

K_V – узагальнений швидкісний чинник;

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

$K_{V_{II}}$ – чинник, що враховує вплив матеріалу інструменту, $K_{V_{II}}=1,0$;

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

K_{VT} – чинник, що враховує вид обробки, $K_{VT}=0,85$;

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

$K_{ВП}$ – чинник, що враховує стан оброблюємої поверхні, $K_{ВП}=1,0$;

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

$$K_v=0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,85 \cdot 0,82 \cdot 1,0 \cdot 1,0=0,56.$$

$$V = 144 \cdot 0,56 = 80,64 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо частоту обертів шпинделю за формулою (1.31) [2, 13]:

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

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \cdot 80,64}{3,14 \cdot 76} = 337,9 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=350 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання [2, 13]:

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 350 \cdot 76}{1000} = 83,52 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо силу різання за формулою (1.32) [2, 13]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.32)$$

де, C_p – чинник, що враховує умови обробки, $C_p=204$ [2, т.22, стр.273];

x, y, n – показники степені, що враховують умови обробки $n=0; x=1,0; y=0,75$; [2, т.22, стр.273];

k_p – поправочний чинник, що враховує фактичні умови різання визначається за формулою 1.33 [2, 13]:

$$k_p = k_{mv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\gamma v} \cdot k_{\lambda v} \cdot k_{rv}, \quad (1.33)$$

де, k_{mp} - поправочний чинник, що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу визначаємо за формулою (1.34) [2, 13]:

$$k_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (1.34)$$

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

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

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

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 1,0^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 83,52^0 \cdot 1,51 = 547,78 \text{ Н.}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.35) [2, 13]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.35)$$

де, P_z - сила різання, Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \cdot 83,52}{1020 \cdot 60} = 0,77 \text{ кВт.}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата [2, 13]:

$$N_2 = 0,72 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт.}$$

Визначаємо машинний час за формулою (1.36) [2, 13]:

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}, \quad (1.36)$$

де, l - довжина оброблюємої поверхні, $l=36$ мм;

y - величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

$$T_0 = \frac{25 + 3 + 3}{350 \cdot 0,1} = 0,89 \text{ хв.}$$

Свердлильна операція №75

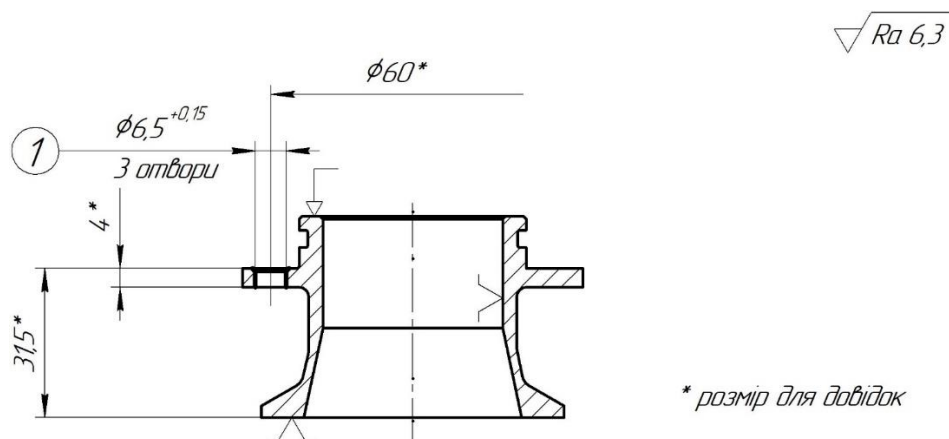


Рисунок 1.4 - Операційний ескіз – операція № 075

Верстат: Свердлильний з ЧПК 2P135Ф2

Поверхня Ø6,5 L=4 мм Ra=6,3 мкм.

Інструмент: Свердло спіральне Ø6,5 мм, L=4 мм, P6M5, ГОСТ12121-77.

Свердлить відповідно ескізу два отвори (рис. 1.5).

Довжина робочого ходу визначається за формулою (1.37) [2, 13]:

$$L_p = 2 \cdot (l + y), \quad (1.37)$$

де l - довжина свердління $l=4$ мм;

$y=0,6d_{\text{св}}$ –врізання, мм;

де $d_{\text{св}}$ -діаметр свердла, мм;

$$L_p = 2 \cdot (4 + 3,9) = 15,8 \text{ мм.}$$

Глибина різання: $t=(d_{\text{св}}/2)=6,5/2=3,25$ мм.

Визначаємо подачу за формулою (1.27) [2, 13]:

$$S_0 = 0,12 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,09 \text{ мм/об.}$$

По паспорту верстата приймаємо $S_0 = 0,1$ мм/об

Швидкість різання розраховуємо за формулою (1.38) [2, 13]:

$$v_0 = v_m \cdot k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \cdot k_{\varphi v} \cdot k_{\varphi 1v} \cdot k_r, \quad (1.38)$$

де, k_{mv} – чинник, що враховує матеріал заготовки визначається за формулою (1.39) [2, 13]:

$$k_{mv} = k_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_b} \right)^{n_v}, \quad (1.39)$$

k_z – чинник, що характеризує групу сталі. $k_z=0.8$ [3, т. 2, стор.262];

σ_b - тимчасовий опір розриву, МПа. $\sigma_b=1061$ МПа;

n_v - показник степені, $n_v=1.0$ (3, т. 2, стор.262);

$$k_{mv} = 0.8 \cdot \left(\frac{750}{1061} \right)^1 = 0.55.$$

k_{nv} – чинник, що характеризує стан поверхні $k_{nv}=0.8$;

k_{uv} – чинник, що характеризує матеріал інструменту $k_{uv}=1.0$ [3, т. 6, стор.263];

$k_{\varphi v}$, $k_{\varphi lv}$, k_{rv} , - чинники, що характеризують геометричні параметри інструменту
 $k_{\varphi v}=1.0$, $k_{\varphi lv}=0.94$, $k_{rv}=1.03$ [3, т. 23, стор.275].

$$v_0 = 4,7 \cdot 0,55 \cdot 0,8 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,03 = 1,6 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання деталі визначається за формулою (1.31) [2, 13]:

$$n = \frac{1000 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 6,5} = 78,4 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо частоту обертання $n=80$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає [2, 13]:

$$V = \frac{3,14 \cdot 6,5 \cdot 80}{1000} = 1,63 \text{ м/хв.}$$

Крутячий момент, визначається за формулою (1.40) [2, 13]:

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.40)$$

$$C_M = 0,041; q = 2; y = 0,7 \quad K_p = 1,04 \text{ [3, таблиця.32, стор.281];}$$

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,041 \cdot 6,5^2 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,04 = 3,42 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Осьова сила, Н визначається за формулою (1.41) [2, 13]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (1.41)$$

$$C_p = 143; q = 1; y = 0,7; K_p = 1,04 \text{ [3, таблиця.32, стор.281]}$$

$$P_0 = 10 \cdot 87 \cdot 6,5^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,04 = 1173,4 \text{ Н}.$$

Потужність різання, кВт [2, 13]:

$$N_3 = \frac{3,42 \cdot 80}{9750} = 0,03 \text{ кВт}.$$

Розрахунок основного часу

Основний (технологічний) час визначається за формулою (1.42) [2, 13]:

$$t_{o2} = \frac{l + l_1}{n \cdot S} \cdot i, \quad (1.42)$$

де l – довжина оброблюваної поверхні (довжина отвору), $l=4$ мм;

l_1 – довжина врізання і перебігу інструменту $l_1=3,5$ мм, [5,к.43,стор.282];

i – кількість проходів, $i=1$;

n – частота обертання шпинделя з інструментом, об/хв;

s – подання інструменту, мм/об;

$$t_{02} = \left(\frac{15,8}{80 \cdot 0,1} \right) \cdot 3 = 5,92 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (080)

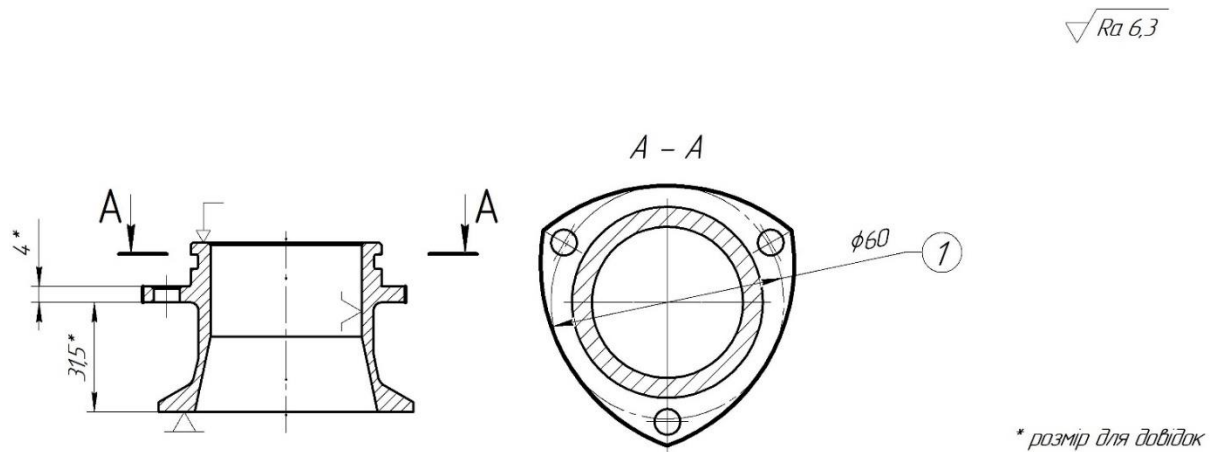


Рисунок 1.5 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø10 P12Ф4К5 ГОСТ 17026-71

Визначаємо подачу за формулою (1.43) [2, 13]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ}, \quad (1.43)$$

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

K_{so} – чинник, що враховує ряд конструктивних особливостей технологічної системи визначається за формулою (1.44) [2, 13];

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\phi} \cdot K_{SZR}, \quad (1.44)$$

де K_{Szu} – чинник, що враховує матеріал інструменту, $K_{Szu} = 1$;

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

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

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

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.45) [2, 13]:

$$V = V_m \cdot K_v, \quad (1.45)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання $V_m = 8,3$ м/хв;

K_v – чинник, що враховує ряд конкретних умов обробки визначається за формулою (1.46) [2, 13]:

$$K_v = K_{V_M} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_\Phi} \cdot K_{V_B}, \quad (1.46)$$

де K_{V_M} – чинник, що враховує оброблюваність матеріалу, $K_{V_M} = 0,81$;

K_{V_n} – чинник, що враховує стан поверхні, $K_{V_n} = 1$;

K_{V_O} – чинник, що враховує умови обробки, $K_{V_O} = 1$;

K_{V_Φ} – чинник, що враховує вид обробки, $K_{V_\Phi} = 1$;

K_{V_u} – чинник, що враховує матеріал інструменту, $K_{V_u} = 1$;

K_{V_B} – чинник, що враховує ширину фрезерування, $K_{V_B} = 1$.

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

Обороти визначаємо за формулою (1.31) [2, 13]:

$$n = \frac{1000 \cdot 6,72}{3,14 \cdot 10} = 214,01 \text{ об/хв.}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n = 220$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \cdot 10 \cdot 220}{1000} = 6,91 \text{ м/хв.}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі визначається за формулою (1.47) [2, 13]:

$$S_{\text{мин}} = S_z \cdot z \cdot n_d, \quad (1.47)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,0275 \cdot 4 \cdot 220 = 24,2 \text{ мм/хв.}$$

Потужність визначаємо за формулою (1.48) [2, 13]:

$$N_{\text{рез}} = N_n \cdot K_m \cdot K_k \cdot K_w \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.48)$$

де $N_n=0,8\text{кВт}$ потужність необхідна на різання [6, стор.522, карті 5];

$K_m=1$ – поправочний чинник, залежний від оброблюваного матеріалу;

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

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

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

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

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

Визначаємо машинний час за формулою (1.49) [2, 13]:

$$T_o = \frac{l + y}{n \cdot S_o \cdot Z}, \quad (1.49)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=210$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм;

Z – число зубів фрези, $z=4$.

$$T_o = \frac{210 + 3}{220 \cdot 0,0275 \cdot 4} = 8,8 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (90)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

ПВ 300×2.8×127 63С 25 СМ1 К 35м/с 1кл ГОСТ 2424-88

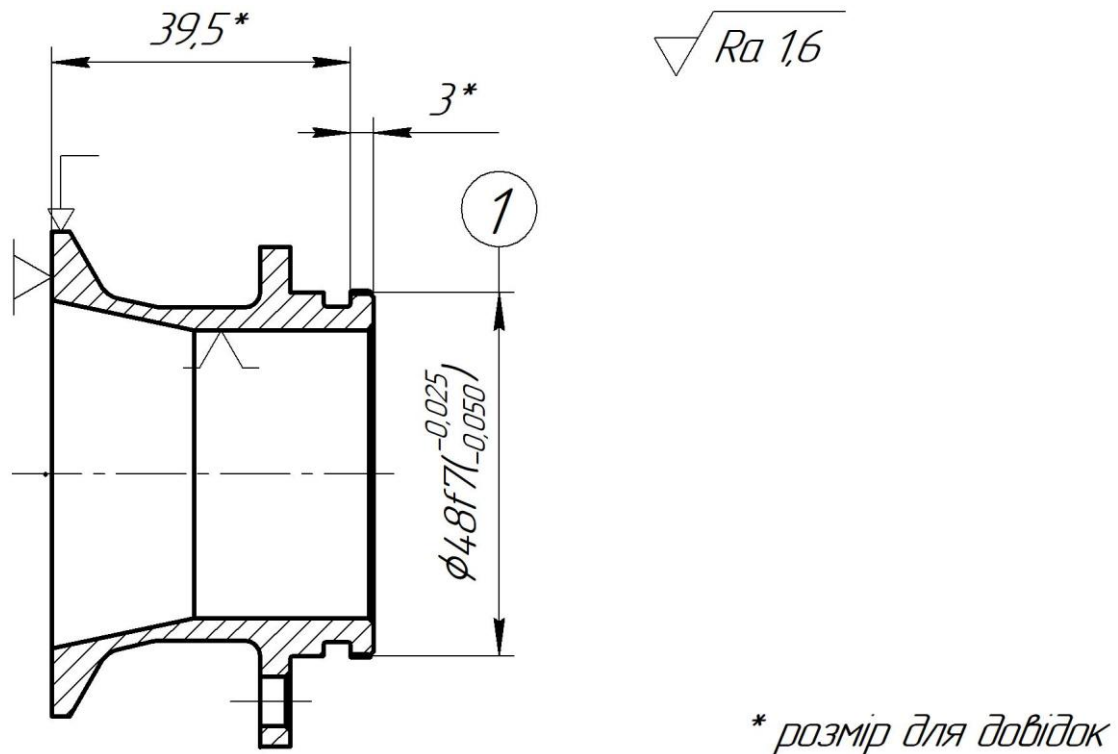


Рисунок 1.6 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 90.

Припуск на обробку поверхонь $h = 0,03$ мм, [4, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$ визначаємо за формулою (1.50) [2, 13]:

$$V_{кр} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{кр}}{1000 \cdot 60}, \quad (1.50)$$

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

D - діаметр круга, $D = 300$ мм.

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

Оброблюваний діаметр $D_o=48$.

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

$V_o = 48$ м/хв.

Частота обертання деталі визначається за формулою (1.31) [2, 13]:

$$n = \frac{1000 \cdot 48}{3,14 \cdot 48} = 318,5 \text{ об/хв}.$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n=320$ об/хв.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає [2, 13]:

$$V = \frac{3,14 \cdot 48 \cdot 320}{1000} = 48,23 \text{ м/хв}.$$

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об визначається за формулою (1.51) [2, 13]:

$$S_{t_1} = S_t \cdot K_m \cdot K_D \cdot K_{vk} \cdot K_t \cdot K_{IT} \cdot K_h, \quad (1.51)$$

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

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

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

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

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

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

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

$$S_{t_1} = 0,007 \cdot 0,38 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 0,72 \cdot 0,5 \cdot 1 = 0,0005 \text{ мм/об.}$$

Приймаємо радіальну подачу $S_{tl}=0,001$ мм/об.

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

$$S_{tm} = 0,001 \cdot 320 = 0,32 \text{ мм/хв.}$$

Визначення потужності різання N за формулою (1.52) [2, 13]:

$$N = \frac{N_{10} \cdot L_{акт}}{10}, \quad (1.52)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10}=0,43$, [3, к.8, стор.631],

$L_{акт}$ - довжина активної поверхні круга, оскільки $l_0 < B_k$ то $L_{акт} = l_0 = 4,2$ мм.

$$N = \frac{0,43 \cdot 4,2}{10} = 0,18 \text{ кВт.}$$

Визначення основного (технологічного) часу за формулою (1.53) [2, 13]:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K, \quad (1.53)$$

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

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

K - чинник, залежний від форми поверхні, $K=1$.

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

Таблиця 1.6 – Режими різання

N Опер.	Найменування операції		t, мм	S _o , мм/об	V _д , м/хв	пд, хв ⁻¹	T _o , хв
015	Ток. з ЧПК		1,0	0,1	83,52	350	0,89
020	Ток. з ЧПК		1,5	0,15	90,4	450	2,58
025	Ток. з ЧПК	1	1,0	0,1	52,75	350	5,76
		2	1,0	0,1	52,75	350	
		3	2,5	0,15	55,3	400	
030	Ток. з ЧПК		0,8	0,1	55,3	400	2,37
035	Ток. з ЧПК		0,8	0,1	55,3	400	1,85
040	Ток. з ЧПК	1	1,2	0,12	45,22	300	4,78
		2	1,2	0,12	45,22	300	
045	Ток. з ЧПК		1,0	0,1	50,11	420	1,26
050	Ток. з ЧПК		0,2	0,1	45,2	300	1,35
055	Ток. з ЧПК		2	0,1	41,45	300	1,14
060	Ток. з ЧПК		0,1	0,08	45,2	300	1,2
065	Ток. з ЧПК		1	0,08	41,45	300	0,75
070	Ток. з ЧПК		0,15	0,1	59,66	500	1,76
075	Сверд. з ЧПК		3,25	0,1	1,63	80	5,92
080	Фрез. з ЧПК		2,5	24,2 мм/хв	6,91	220	8,8
085	Шліфувальна		0,03	0,32 мм/хв	35/0,8	1590/320	1,15
090	Шліфувальна		0,03	0,32 мм/хв	35/0,8	1590/320	0,32

1.7 Розрахунок технічної норми часу

У серійному виробництві нормою часу на операцію є штучно-калькуляційний час.

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається по формулах (1.54),(1.55) [10]:

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.54)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n. \quad (1.55)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

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

n – кількість деталей в партії, $n=8$ шт;

t_o – сумарний час на операцію, хв;

$t_{всп}$ – допоміжний час, хв;

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

t_n – час на особисті потреби, хв.

Технічне нормування на токарну операцію (015) Основний сумарний час на операцію $t_o = 0,89$ хв. Допоміжний час визначаємо за формулою (1.56) [10]:

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

де, $t_{в.у.} = 0,2$ хв – час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском [10, к.51, стор.138];

$t_{м.в.} = 0,29$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні [10, таблиця.12, стор.605]

$$t_{всп} = 0,2 + 0,29 = 0,49 \text{ хв.}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата визначається за формулою (1.57) [10]:

$$t_{n.y.} = t_o. + t_{m.в.}, \quad (1.57)$$

$$t_{n.y.} = 0,89 + 0,49 = 1,38 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначається за формулою (1.58) [10]:

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

$$t_{обс} = 0,1 \cdot 1,38 = 0,14 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби визначається за формулою (1.59) [10]:

$$t_n = 10\% \cdot t_{n.y.}, \quad (1.59)$$

$$t_n = 0,1 \cdot 1,38 = 0,14 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 1,38 + 0,14 + 0,14 = 1,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [10, стор.604] за формулою (1.60):

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32}, \quad (1.60)$$

де $T_{n-31} = 5 \text{ хв}$ – час на витрати по обслуговуванню верстата [10, стор.604]

$T_{n-32} = 7$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи [10, таблиця.12, стор.606]

$$T_{n-3} = 5 + 7 = 12 \text{ хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв:

$$t_{шт.-к.} = \frac{12}{8} + 1,66 = 3,16 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на свердлильну операцію з ЧПК (75)

Основний сумарний час на операцію $t_o = 5,92$ хв.

Допоміжний час:

$t_{в.у.} = 0,25$ хв – час на установку і зняття деталі [10, к.44, стор.288];

$t_{м.в.} = 0,26$ хв – час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні [10, таблиця.12, стор.605]

$$t_{всн} = 0,26 + 0,25 = 0,51 \text{ хв.}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у.}$ дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата визначаємо за формулою (1.57):

$$t_{п.у.} = 5,92 + 0,51 = 6,43 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.61) [10]:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{п.у.} \quad (1.61)$$

$$t_{обс} = 0,08 \cdot 6,43 = 0,51 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби за формулою (1.62) [10]:

$$t_n = 8\% \cdot t_{n,y.}, \quad (1.62)$$

$$t_n = 0,08 \cdot 6,43 = 0,51 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{um.} = 6,43 + 0,51 + 0,51 = 7,45 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [10, стор.604] за формулою (1.60):

$$T_{n-3} = 5 + 3 = 8 \text{ хв.}$$

де, $T_{n-31} = 5$ хв – час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ [10, стор.604];

$T_{n-32} = 3$ хв – час на витрати, що враховують додаткові роботи [10, табл.12, стор.606].

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{um.-к.} = \frac{8}{8} + 7,45 = 8,45 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (80)

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

Допоміжний час:

$t_{"0"} = 0,05$ хв - переміщення інструменту в «0» інструменту [10, до.34, стр.258];

$t_{с.б.} = 0,05$ хв - час пов'язаний зі зміною блоку [10, до.42, стр.394];

$t_{с.б.} = 0,05$ хв - час пов'язаний зі зміною блоку [10, до.42, стр.394];

$t_{\text{в.у.}} = 1,2$ хв - час на установку і зняття деталі в патроні з пневматичним затиском [10, до.51, стр.139];

$t_{\text{м.в.}} = 0,15$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні [10, до.60, стр.1525]

$$t_{\text{всн}} = 0,05 + 0,05 + 1,2 + 0,15 = 1,45 \text{ хв.}$$

Час роботи верстата за програмою управління $t_{\text{п.у}}$ рівно неповному оперативному часу роботи верстата визначаємо за формулою (1.57):

$$t_{\text{н.у.}} = 8,8 + 1,45 = 10,25 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.61):

$$t_{\text{обс}} = 0,08 \cdot 10,25 = 0,82 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.62):

$$t_n = 0,08 \cdot 10,25 = 0,82 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

$$t_{\text{шт.}} = 10,25 + 0,82 + 0,82 = 11,89 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію за формулою (1.60):

$$T_{\text{н-з}} = 3 + 8 = 11 \text{ хв.}$$

де, $T_{\text{н-зл}} = 3$ хв - час на витрати для усіх верстатів з ЧПУ [10, до. 60, стор. 301];

$T_{n-32} = 8$ хв - час на витрати додаткові роботи, що враховують, [10, до. 60, стор. 301]:

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{um.-к.} = \frac{11}{8} + 11,89 = 13,26 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на круглошліфувальну операцію (090)

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

Допоміжний час:

$t_{ycm} = t_{cn} = 0,1$ хв – установка на розтискну оправку з пневматичним затиском [10, к.16, стор.640]

$t_{nep} = 1,09$ хв – час, пов'язаний з переходами при шліфуванні зовнішніх циліндричних і торцевих поверхонь на круглошліфувальних верстатах [10, к.17-18, стор.641-643]

t_{mex} – час технічного обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.63) [10]:

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

де $T=7$ – стійкість круга,

$t_{np} = 1,3$ хв – час правки круга [10, к.19, стор.644]

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

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

Визначаємо оперативний час за формулою (1.57):

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

Час на обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.64) [10]:

$$t_{обс} = 0,015 \cdot t_{on.} \quad (1.64)$$

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

Час на відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.65) [10]:

$$t_{омд} = 0,04 \cdot t_{on.}, \quad (1.65)$$

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

Визначаємо штучний час на операцію:

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

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [10, к.20, стор.646]:

$t_{нз}=3$ хв. Штучно-калькуляційний час на операцію, хв:

$$t_{ум.-к.} = \frac{3}{1} + 1,66 = 4,66 \text{ хв.}$$

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

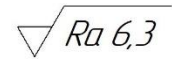
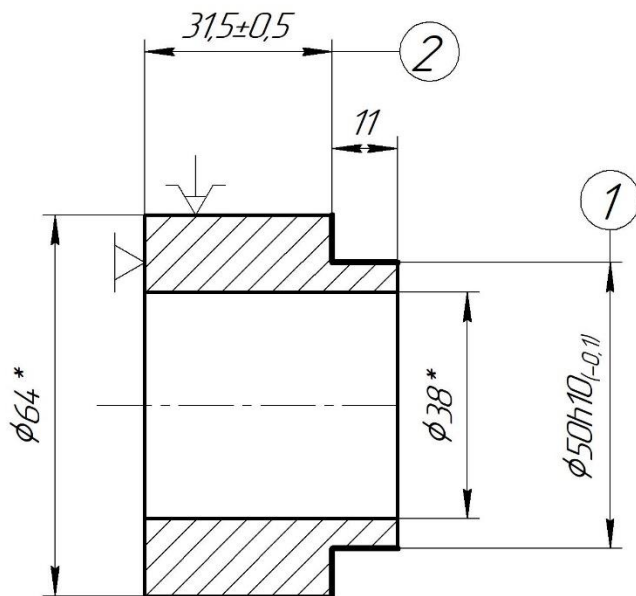
Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_o	t_d	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-з}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	0,89	0,49	1,38	0,14	0,14	12	3,16
020	Токарна з ЧПК	2,58	1,24	3,82	0,38	0,38	10	5,83
025	Токарна з ЧПК	5,76	1,58	7,35	0,73	0,73	10	10,06
030	Токарна з ЧПК	2,37	1,42	3,79	0,38	0,38	6,5	5,36
035	Токарна з ЧПК	1,85	1,05	2,9	0,29	0,29	15	5,35
040	Токарна з ЧПК	4,78	2,41	7,19	0,72	0,72	7,5	9,57
045	Токарна з ЧПК	1,26	1,15	2,41	0,24	0,24	15	4,76
050	Токарна з ЧПК	1,35	1,27	2,62	0,26	0,26	10	4,79
055	Токарна з ЧПК	1,14	0,56	1,7	0,17	0,17	13,2	3,69
060	Токарна з ЧПК	1,2	0,89	2,09	0,21	0,21	8	3,51
065	Токарна з ЧПК	0,75	1,23	1,98	0,19	0,19	12	3,86
070	Токарна з ЧПК	1,76	1,43	3,19	0,32	0,32	7	4,71
075	Свердлильна з ЧПК	5,92	0,51	6,43	0,51	0,51	8	8,45
080	Фрезерна з ЧПК	8,8	1,45	10,25	0,82	0,82	11	13,26
085	Шліфувальна	1,15	0,89	2,04	0,2	0,2	8	3,44
090	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,065	3	4,66

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

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПУ. Заготовка затискається в спеціальній пристрої.

Інструмент – різець прохідний упорний з пластиною з твердого сплаву T5K10

**розмір для довідок*

Рисунок 1.7 – Ескіз операції №015 Токарна з ЧПУ

Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX.

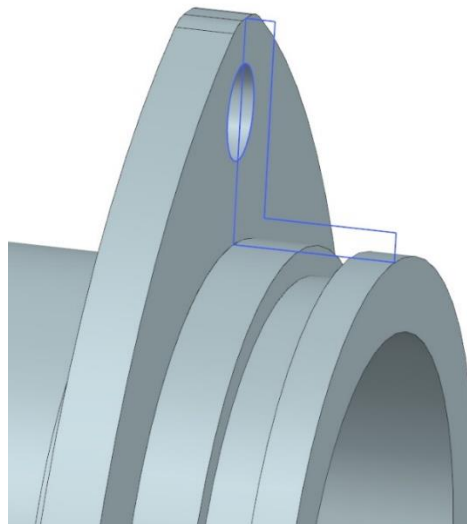


Рисунок 1.8 – Трьовимірна модель операційного ескізу операції №015 Токарна з ЧПУ

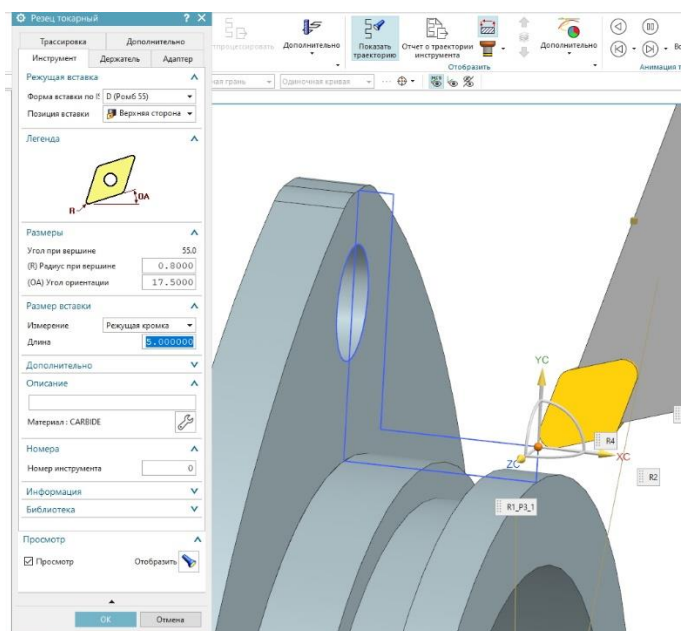


Рисунок 1.9 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

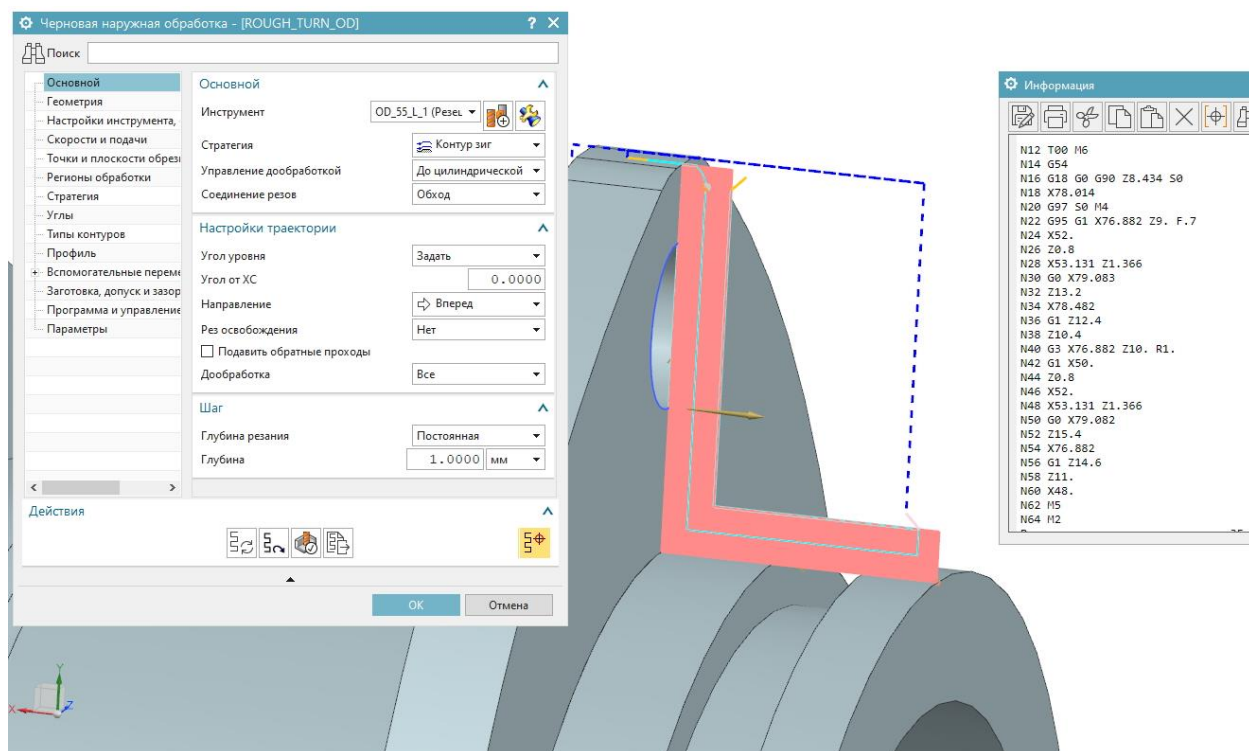


Рисунок 1.10 – Програма обробки в G кодах

1.8.2 Розробка свердильної операції

Операція виконується на свердильному верстаті з ЧПУ. Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

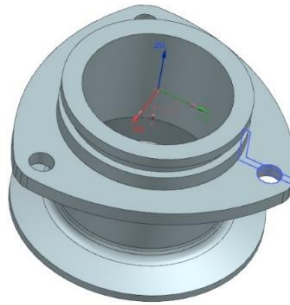


Рисунок 1.11 - Операційний ескіз – свердильна операція

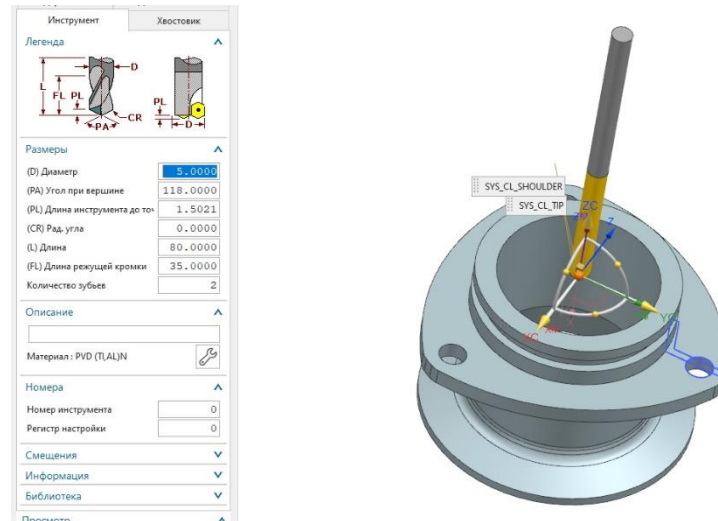


Рисунок 1.12 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні обробки

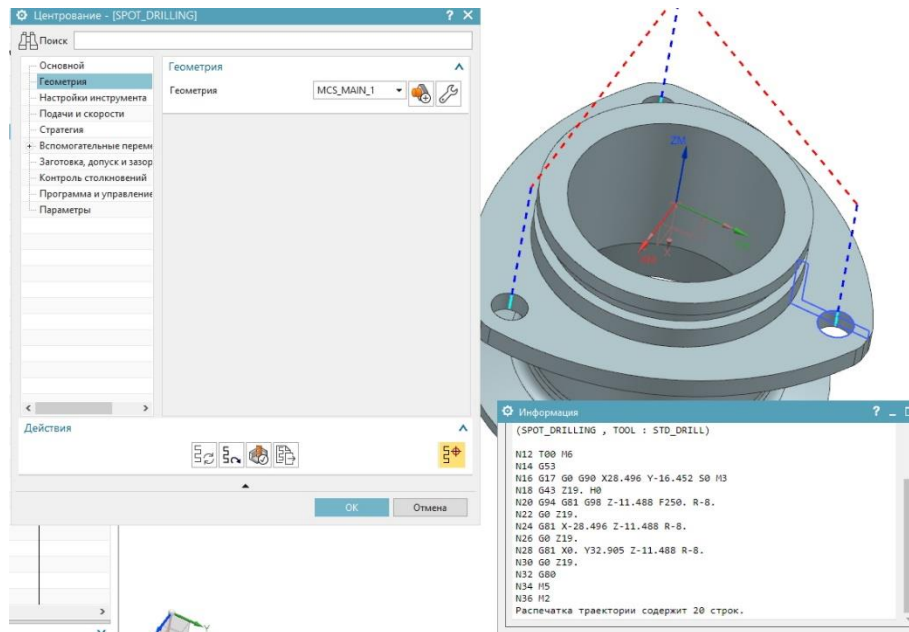


Рисунок 1.13 – Траектория обработки с программой в G кодах

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПУ (080)

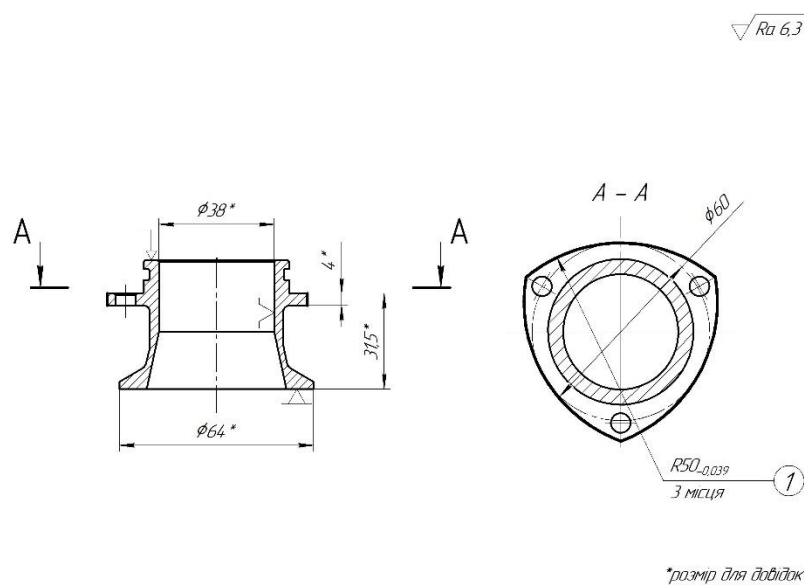


Рисунок 1.14 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза кінцева Ø10 P12Ф4K5 ГОСТ 17026-71

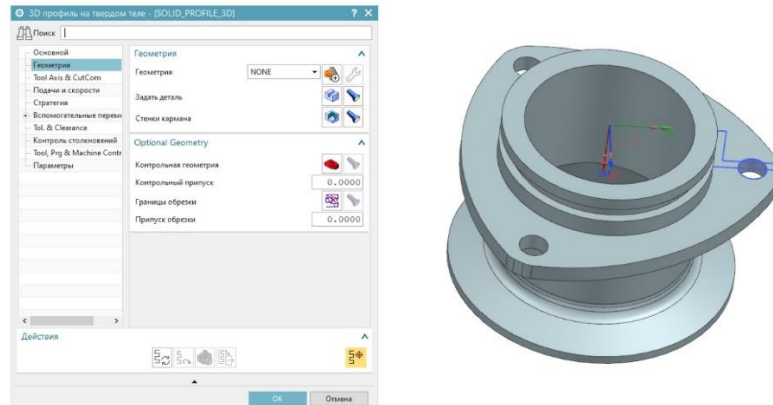


Рисунок 1.15 – Трьовимірна модель операційного ескізу операції №080
Фрезерна з ЧПУ

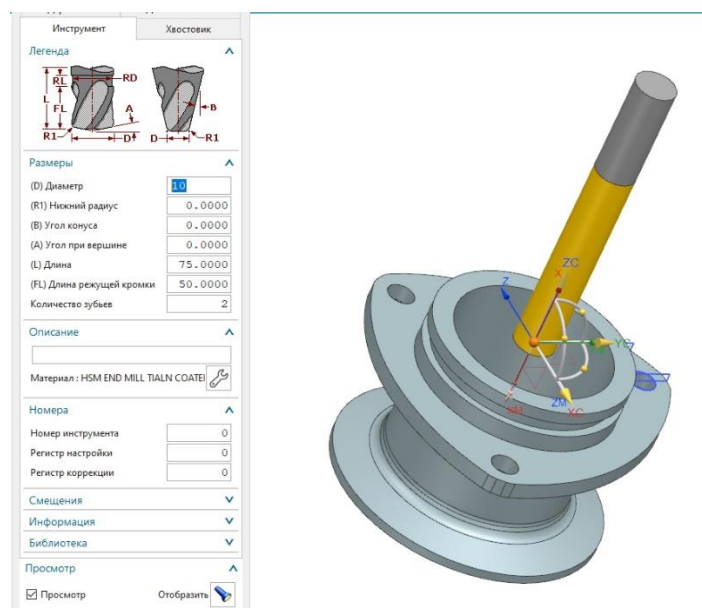


Рисунок 1.16 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

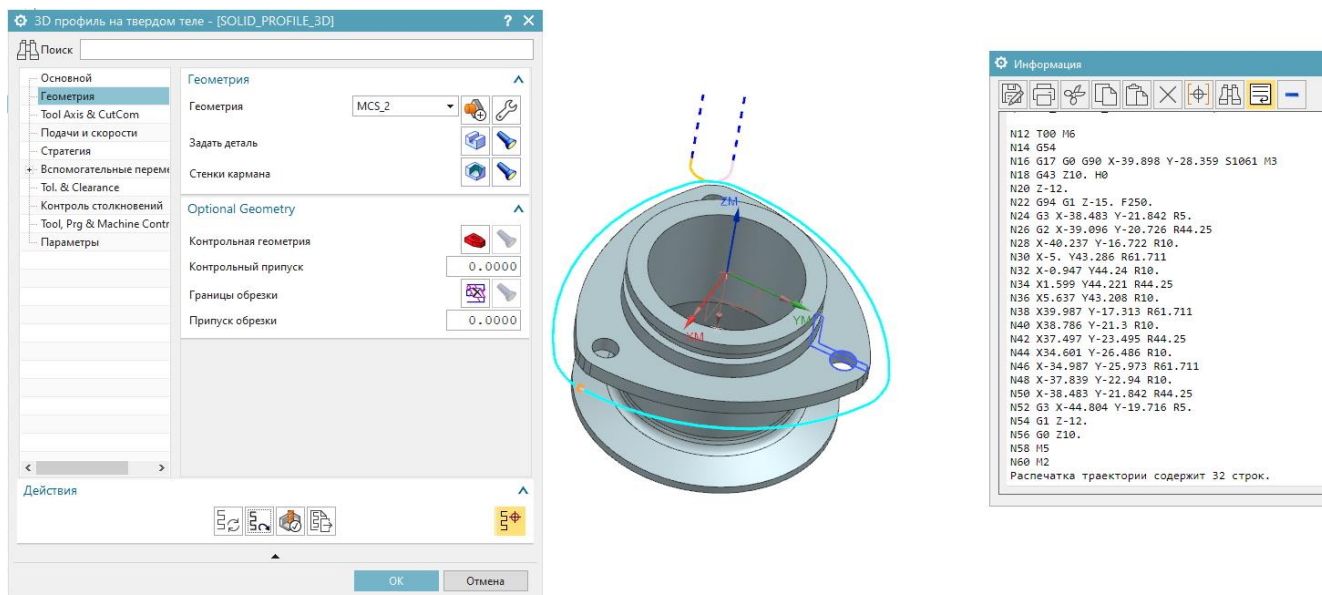


Рисунок 1.17 – Траектория обработки с программой в G кодах

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Конструкція пристосування показана на рис. 2.1.

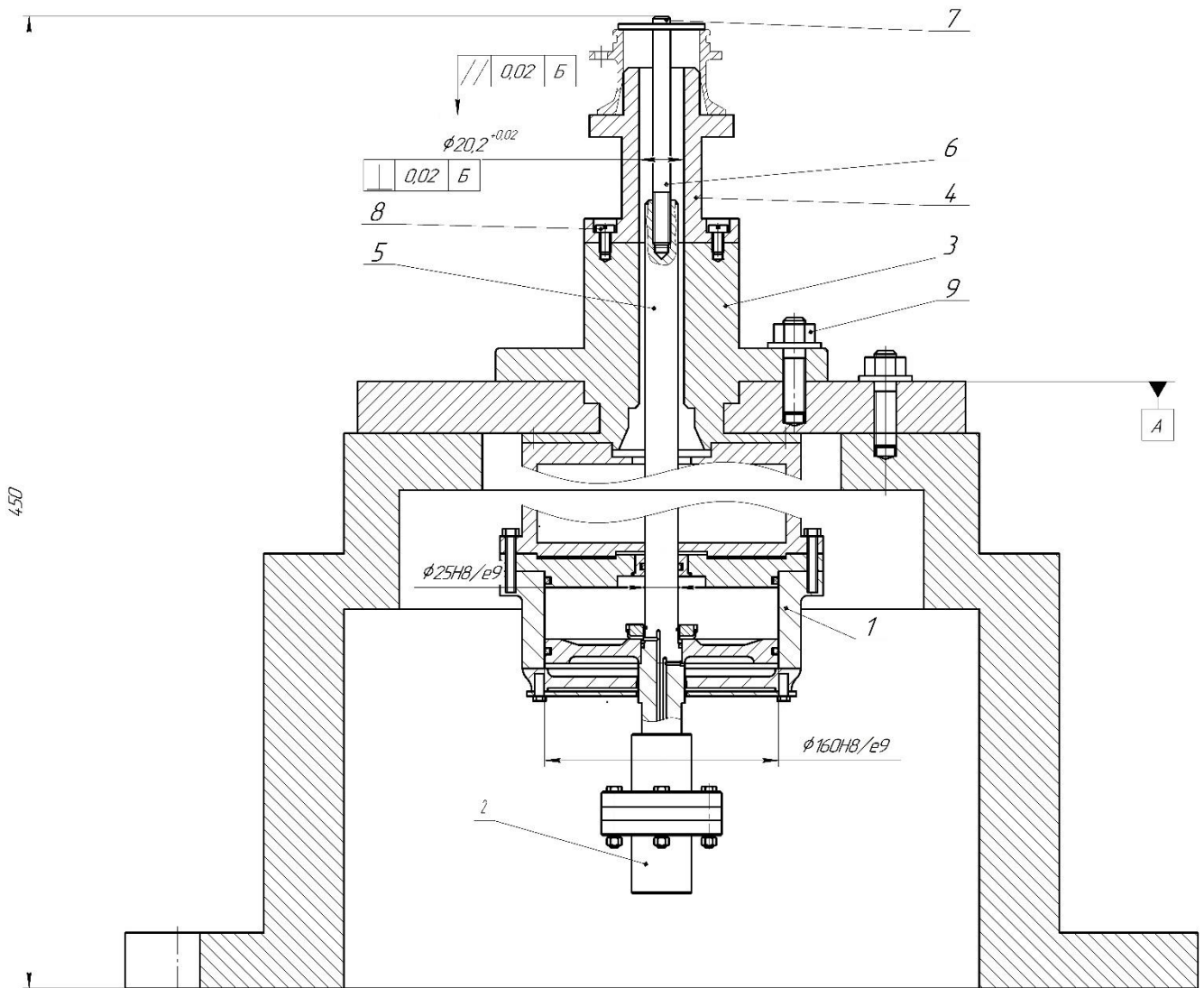


Рисунок 2.1 - Схема пристосування для фрезерування

При обробці деталі прохідник де це можливо використовуються стандартні пристосування кількість спеціального оснащення зведена до мінімуму.

Це пристосування рис. 2.1 призначено для установки на фрезерному верстаті. Базування і закріплення деталі в пристосуванні робиться по конструкторській базі, на заздалегідь обробленій поверхні, що забезпечує високу міру точності. Для простоти установки і зменшення допоміжного часу передбачена накидна шайба, а також пневматичний привід. Фіксація положення робиться за допомогою штока.

Пристосування працює наступним чином: деталь базується на спеціальній оправці 4; шток 5 через тягу 6 переміщує кільце 8, яке притискає деталь до оправки.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Базування деталі для фрезерної операції здійснюватиметься в пальці, оскільки при цьому похибка базування не впливає на симетричність розташування поверхонь.

Установка на жорстке циліндричне кільце - одна з основних схем для деталей, що мають точно оброблений отвір і торець.

Похибка установки визначаємо по формулі [11]:

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

Обчислення погрішності базування [11]:

$$\varepsilon_6 = S_{\text{max}} = T_D + T_d, \quad (2.2)$$

де T_D - допуск на посадочне місце пристосування,

T_d - допуск на посадочне місце деталі.

$$\varepsilon_6 = 0,02 + 0,52 = 0,54 \text{ мм.}$$

Напрямок закріплення співпадає з напрямом обробки, тому:

$$\varepsilon_y = \varepsilon_6 = 0,54 \text{ мкм.}$$

Для недопущення переміщення деталі в осьовому напрямі вона торцем упирається в опорні поверхні основи.

Точність пристосування буде точністю посадочного отвору пристосування. Перевіримо умову забезпечення точності проектного пристосування за формулою (2.3) [11]:

$$S_{max} \leq T_d - k \cdot \sqrt{(k_1 \cdot \varepsilon_6)^2 + \varepsilon_3 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \quad (2.3)$$

де $\varepsilon_3 = 0$ оскільки сила напрям сили затиску розміру, що перпендикулярно вивчається.

$\omega = 0,07$ мм - середня економічна точність обробки на цю операцію. У зв'язку з недостатністю довідкових даних прирівнюємо середню економічну точність обробки середньої економічної точності обробці в кондукторів (11. таб. 5.3, стор. 64).

$$k_1 = 0,8;$$

$$k_2 = 0,65;$$

$$k = 1,0;$$

$$S_{max} \leq 0,52 - 1 \cdot \sqrt{(0,8 \cdot 0,54)^2 + 0 + (0,65 \cdot 0,07)^2} = 0,09 \text{ мм.}$$

Виходячи з отриманих значень можна брати досить грубу посадку, але оскільки передбачається обробка в цьому пристосуванні і точніших деталей, приймаємо посадку Н7 на посадочний отвір пристосування.

2.1.3 Розрахунок необхідного зусилля закріплення заготовки

Для утримання деталі в процесі обробки необхідно, щоб моменти тертя на опорних поверхнях перевищували моменти різання. Методика визначення необхідних сил закріплення заснована на використанні принципу статичної рівноваги. Розрахункова схема для визначення сили закріплення показана на рис. 2.2.

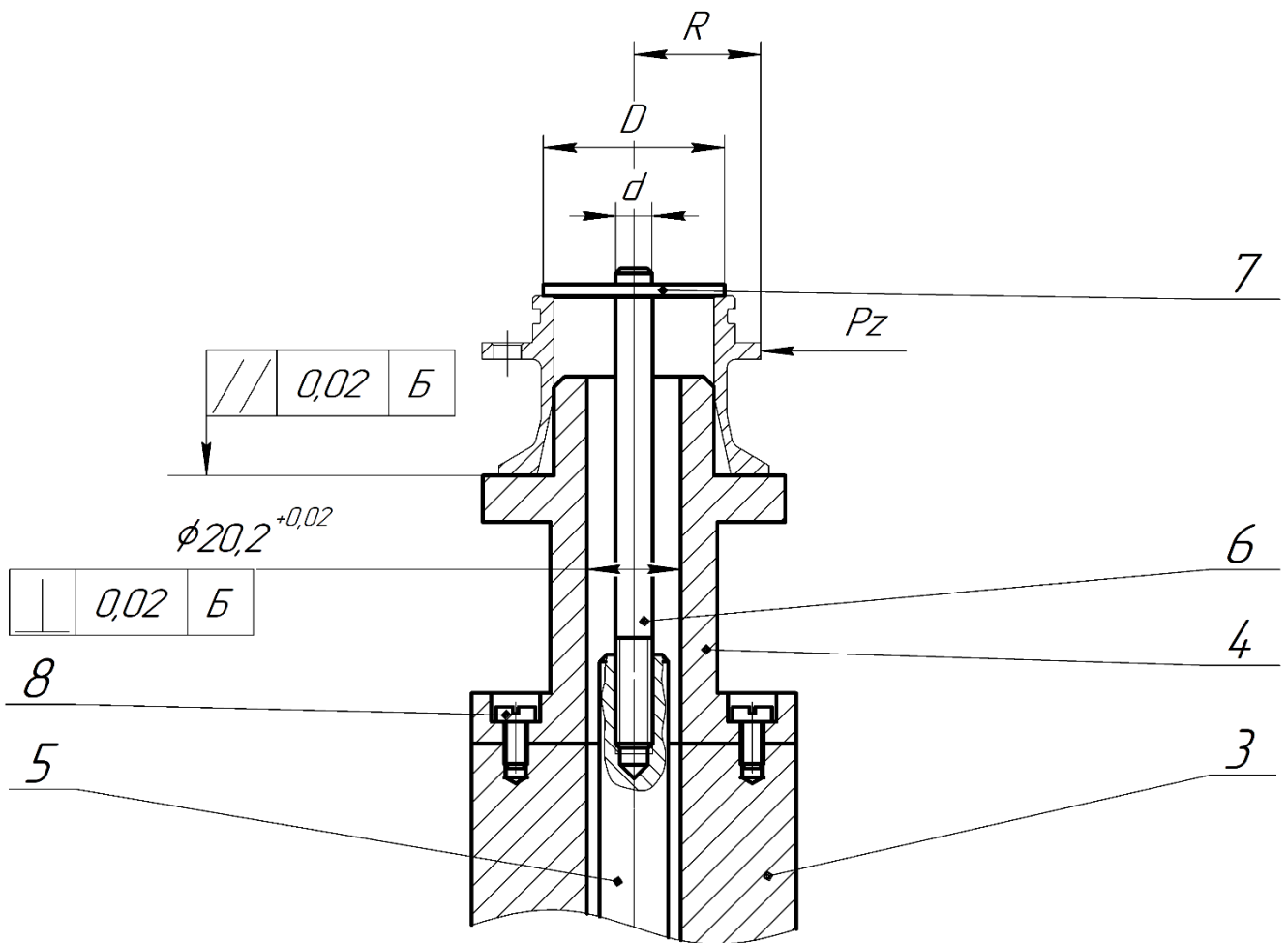


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема пристосування

Для запобігання прокручуванню і зрушенню від дії моменту, що крутить, M і осьової сили необхідно прикласти силу, W за формулою (2.4) [11]:

$$W_{\text{CT}} = \frac{P_z \cdot R}{\frac{f}{3} \cdot \frac{(D^3 - d^3)}{(D^2 - d^2)}}, \quad (2.4)$$

де P_z – окружна сила, Н [11];

R – радіус заготовки, $R = 65$ мм;

D – максимальний діаметр опори, $D = 48$ мм;

d – мінімальний діаметр опори, $d = 40$ мм;

f – чинник тертя, $f = 0,25$;

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot m^{X_p} \cdot S_o^{Y_p}, \quad (2.5)$$

де C_p – чинник матеріал заготовки, що враховує;

m – модуль колеса, мм;

S_o – подання на оборот заготовки, мм;

X_p, Y_p – чинники модуля і подання на оборот відповідно.

Згідно з картою 3 с.519 $S_o = 0,5$ мм/об, по паспорту верстата $S_o = 0,2$ мм/об [4]. Чинники знаходимо по таблиці. 41 с.291 довідника [11].

$$P_z = 10 \cdot 82 \cdot 2^{0,75} \cdot 0,2^{0,6} = 525,1 \text{ Н.}$$

$$W_{\text{CT}} = \frac{525,1 \cdot 65}{\frac{0,25}{3} \cdot \frac{(48^3 - 40^3)}{(48^2 - 40^2)}} = 3424,56 \text{ Н.}$$

$$W_d = 1,5 \cdot 3424,56 = 5136,85 \text{ Н.}$$

Основним призначенням затискних пристроїв є надійне закріплення заготовки в процесі її обробки.

У пристосуванні, що розраховується, затискний пристрій наводиться в дію від пневматичного приводу, який повинен забезпечувати необхідну силу затиску $W_d = 5136,85$ Н. Виходячи з цього умови визначаємо мінімальний діаметр пневматичного циліндра, мм:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5136,85}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 154 \text{ мм.}$$

Приймаємо параметри пневмоциліндра по таблиці 18 сторінка 91 довідника [6]. Діаметр $D = 160$ мм

Знайдемо дійсну силу затиску на штоку по формулі, Н

$$P_{шт}^d = \frac{3,14 \cdot 140^2}{4} \cdot 0,4 \cdot 0,9 = 5538,96 \text{ Н.}$$

По [6, таблиця. 7.3, с. 139] вибираємо параметри пневмопристрою :

- товщина стінки пневмоциліндра - 6 мм;
- діаметр штока - 25 мм;
- діаметр різьблення на штоке - M16.

У пристосуванні, що розраховується, закріплення заготовки робиться за допомогою штока. Тому необхідно провести перевірочний розрахунок на те, що зім'яло шток по формулі (2.6).

Площу поперечного перерізу розраховуємо по формулі (2.6):

$$F_{см} = \frac{\pi \cdot D^2}{4}, \quad (2.6)$$

де D – діаметр штока, $D = 20$ мм;

$$F_{\text{см}} = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 400,78 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{5538,96}{400,78} = 13,82 \text{ МПа} \leq 400 \text{ МПа}.$$

2.3 Проектування контрольного пристосування

Контрольне пристосування призначене для перевірки радіального биття.

Контролюєма деталь, встановлюється на основу 3, на якій деталь базується за допомоги пальця 4. Биття вимірюється індикаторним годинником 7, який гвинтом 8 через втулку 9 закріплюється на вимірювальній стойці 11. Індикаторний годинник 7 встановлена планці, яку монтованою на стойці 12. Робоче положення планки з індикаторним годинником фіксується гвинтом і гайкою. [11]

В даному випадку похибка базування дорівнює зазору між пальцем та деталлю. В нашому випадку деталь базується на конусну поверхню пальця з натягом. Проміжок відсутній і, отже, похибка базування дорівнює нулю. Похибка закріплення дорівнює нулю, оскільки деталь сідає на оправляння з натягом. [11]

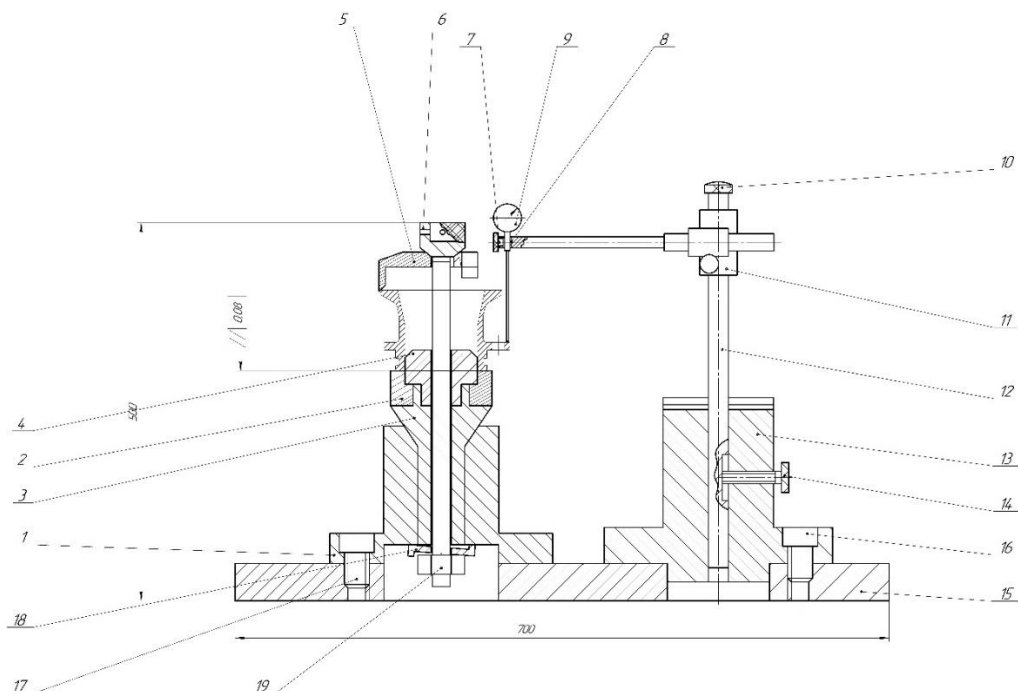


Рисунок 2.3 – Схема установки деталі в пристосуванні.

Вибір вимірювального засобу розпочинаю з визначення характеристик, які повинні мати засоби виміру. [11]

Допустиму похибка виміру знаходиться по формулі (2.7):

$$[\varepsilon_{\text{вим}}] = \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{5}\right) \cdot T_k, \quad (2.7)$$

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

T_k - допуск на контрольований розмір, $T_k=0,02$ мм.

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

Розрахунок сумарної погрішності виміру КІП визначаємо за формулою (2.8):

$$E_{\text{кіп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_{\text{ін}} + \Delta_t + \Delta_{\text{вус}}, \quad (2.8)$$

де $E_{\text{кіп}}$ - похибка передатного пристрою, оскільки в конструкції нашого КІП передатний пристрій відсутній;

Δ_e – похибка виготовлення еталонної деталі;

$\Delta_{\text{ін}}$ – похибка вибраного засобу виміру;

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

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

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

де $P_{\text{зус}}$ - вимірювальне зусилля, Н $P_{\text{зус}}=2$ Н;

r - радіус вимірювального наконечника, мм $r = 5$ мм;

K - чинник, залежний від матеріалу наконечника $K=0,81$.

ε – похибка положення контрольованої деталі в пристосуванні.

Вона визначається за формулою (2.9) [11]:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{пр}}^2}, \quad (2.9)$$

де ε_6 – похибка базування $\varepsilon_6=0$.

ε_3 – похибка закріплення;

$\varepsilon_{\text{пр}}$ – неточність виготовлення елементів пристосування визначається за формулою (2.10) [11]:

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \Delta_4^2 + \Delta_5^2 + \Delta_6^2}, \quad (2.10)$$

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

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

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

$\Delta_4=0$ – похибка виміру величини відхилення. Від неспівпадання переміщення наконечника і вимірюваного параметра виникає похибка в соті долі мікрометра, тому нею можна нехтувати.

$\Delta_5=0$

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

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \sqrt{0 + 1,5^2 + 1,5^2 + 0 + 0 + 0} = 2,12 \text{ мкм.}$$

Похибка положення вимірюваної деталі можна вичислити по формулі:

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

Підставивши знайдені значення, отримаємо фактичну сумарну похибка КІП [11]:

$$\varepsilon_{\text{кіп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_e + \Delta_{\text{ін}} + \Delta_t + \Delta_{\text{вус}},$$

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

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

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

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація завантаження заготовок

Завантажувальні пристрої характеризуються тим, що запас заготовок розташовуються в місткості (бункері) безладно (навалом). Необхідна орієнтація заготовок перед передачею їх в накопичувач здійснюється спеціальним механізмом. Передача заготовок з накопичувача в робочу зону верстата здійснюється живильником.

Таким чином, бункерний завантажувальний пристрій є групою механізмів, що приймають заготовки навалом і що видають їх строго орієнтованими в просторі і в часі.

У загальному випадку бункерний завантажувальний пристрій (БЗУ) складається з наступних основних вузлів:

- 1) власне бункери (місткості);
- 2) механізму захоплення;
- 3) механізму орієнтації;
- 4) запобіжного механізму;
- 5) магазину або накопичувача;
- 6) відсікача;
- 7) живильника;
- 8) приводу.

У реальних конструкціях деякі вузли можуть об'єднуватися або бути відсутніми взагалі.

Як видно з перерахування, в порівнянні з автоматичним завантажувальним облаштуванням магазинного живлення БЗУ мають частину вузлів аналогічних магазинним завантажувальним пристроям, частина модифікованих і, нарешті, абсолютно нових вузлів. Так, починаючи від запобіжного механізму, вузли і їх функціональне призначення ті ж, що і у магазинних завантажувальних пристроїв.

До запобіжного механізму - абсолютно нові вузли, а сам запобіжний механізм є певною модифікацією. Це пояснюється тим, що, починаючи від накопичувача, даний автоматичний завантажувальний пристрій має справу вже з орієнтованими заготовками, а до нього - з розташованими в просторі довільно.

Бункер - механізм або місткість, в яку завантажувані заготовки поміщаються навалом і з якого механізм захоплення витягає заготовки поштучно або порційно. Найбільш поширені форми бункерів показані на рис. 3.1. По конструкції бункера бувають циліндричними, конічними і ковшоподібними.

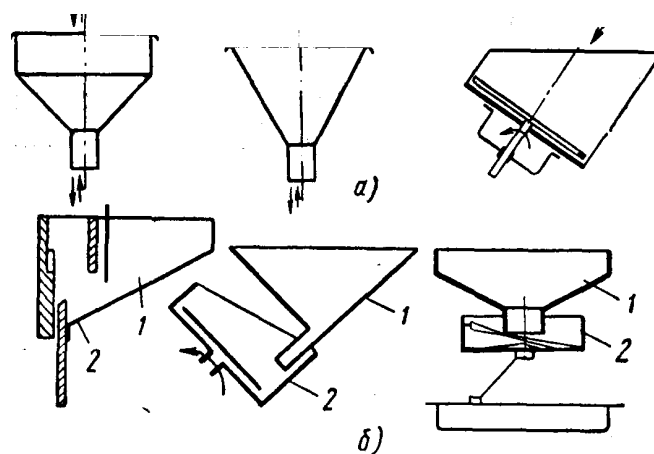


Рисунок 3.1 – Схеми бункерів [16]

Їх виконують з однією місткістю для накопичення і вибірки заготовок (рис. 3.1, а) і з двома місткостями, що сполучаються одна з іншою (рис. 3.1, б). У останньому випадку одна місткість, передбункер 1, служить для зосередження основного запасу заготовок, а інша місткість, власне бункер 2, - для вибірки заготовок. Заготовки з передбункера у бункер зазвичай переміщаються поступово під дією сил тяжіння. Іноді передбункер виконують окремо, і його можна розташовувати вертикально.

Перша група бункерів має широке застосування, але має ряд недоліків : інтенсивне ворухіння заготовок в результаті дії захватного органу, що рухається, призводить до забоїнам і подряпин на поверхнях заготовок; велике накопичення заготовок у бункері, а, отже, і значний тиск верхніх шарів на нижні, утрудняє

підготовку заготовок до захоплення і призводить до падіння продуктивності завантажувального пристрою.

Друга група вільна від недоліків бункерів першої групи і може бути рекомендована для завантажувальних пристроїв, що вимагають забезпечення великої місткості бункера. Проте конструктивно вона складніша.

Механізми захоплення призначені для вибірки заготовок, що знаходяться у безладному стані, з бункерів. Від конструкції захватних органів багато в чому залежить продуктивність і надійність роботи бункерно-завантажувальних пристроїв.

Захватні органи виконують у вигляді гачків, прямокутних і фігурних вирізів на диску, штирів, труб і т. п. Гачки (рис. 3.2, а) - поширений захватний і орієнтуючий орган у БЗУ. Їх зазвичай роблять круглого перерізу, а захватну частину (зігнутий кінець) з бічних сторін зрізують. Така форма забезпечує прохід гачків в щілину, меншою по розмірах, ніж діаметр приймальної трубки, що оберігає випадання заготовок з трубки.

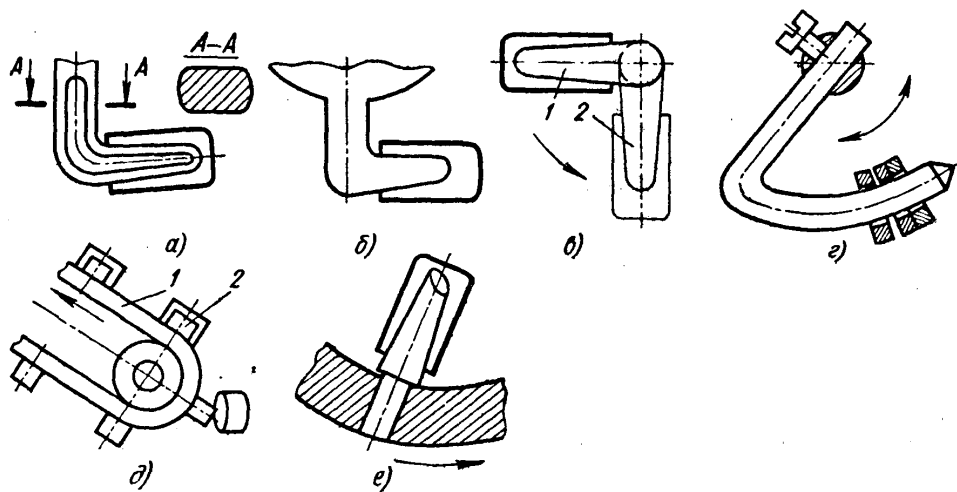


Рисунок 3.2 – Різновиди крючкових і штирьових захватних органів [16]

Для вибірки невеликих ковпачків гачки роблять у згоді з диском (рис. 3.2, б). Захватні органи для циліндричних ковпачків і втулок виконують з поворотними гачками (рис. 3.2, в), які захоплюють заготовки при тангенціальному розташуванні

гачків 1, а видають їх в лоток при радіальному розташуванні 2. Такий спосіб захоплення і видачі спрощує відведення заготовок при переповнюванні лотка, зайві заготовки падають у бункер.

Для вибірки скляних заготовок (намистинок діаметром 3,5мм з отвором 2,5 мм, завдовжки 2 мм) застосовують захватні органи з одним гачком (рис. 3.2, г). На рис. 3.2, д показаний захватний орган у вигляді безперервного ремня 1, на якому закріплені штирі 2, що здійснюють захоплення заготовок (наприклад, низьких ковпачків). Захватний орган у вигляді кільця з тангенціальним розташуванням гачків (штирів) показаний на рис. 3.2, е. У нижньому положенні штиря ковпачок надівається на штир, а у верхньому - спадає в приймальну трубку.

Число гачків на диску визначається продуктивністю, завдовжки заготовки і зазвичай рівне 8-16. Захватний орган з тангенціальним розташуванням штирів на внутрішній поверхні кільця має 35-70 штирів. Діаметр по гачках - 350-400 мм, а по штирях - до 700 мм.

З перерахованих захватних органів найбільш продуктивними є захватні органи, що мають штирі, розташовані тангенціально.

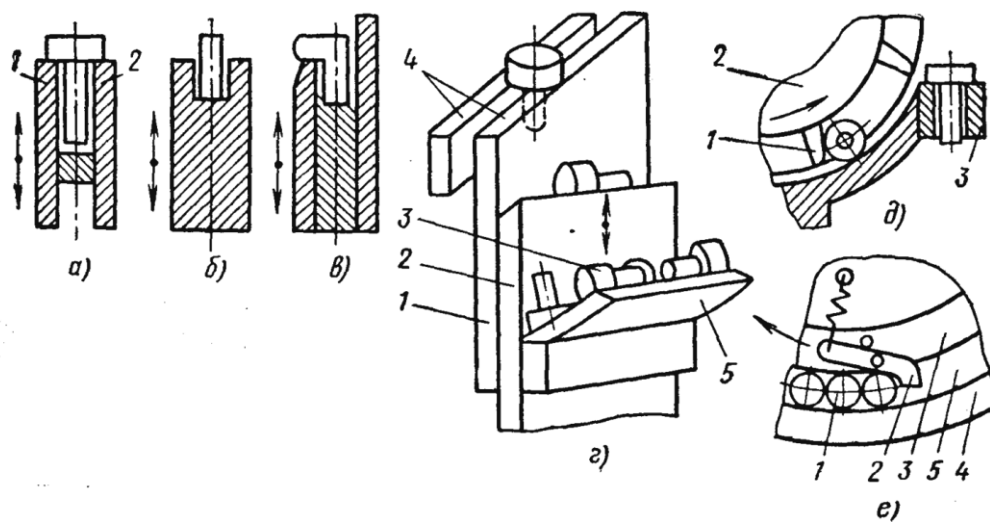


Рисунок 3.3 - Різновиди щілинних захватних органів [16]

Для вибірки заготовок з капелюшками, шайб і т. п. застосовують захватні органи, що мають щілину. На рис. 3.3, а показаний переріз сектора, що коливається, стінки 1 і 2 якого утворюють щілину. При русі сектора, що гойдає, в нижньому його положенні заготовки западають в щілину, а у верхньому зісковзують в лоток. Форму і розміри щілини вибирають залежно від конфігурації заготовки (рис. 3.3, а, б, в). Застосовують також захватні органи у вигляді дошки 1 (рис. 3.3, г), що здійснює зворотно-поступальний рух. Верхній торець дошки 2 захоплює заготовки 3 у бункері і транспортує їх вгору, де вони скачуються і западають в щілину лотка 4.

Для вибірки заготовок з капелюшками також застосовують захоплення у вигляді лопатей 1, закріплених на барабані 2 (рис. 3.3, д). При обертанні барабана лопаті захоплюють заготовки і транспортують їх вгору, де вони перекочуються в лоток 3. Найчастіше лопатеві захватні органи застосовують для подання тонкостінних заготовок (гільз).

Продуктивним способом вибірки заготовок з капелюшками (до 220 шт/хв) є кругова щілина 5 (рис. 3.3, е), утворена дном бункера 4 і диском, що обертається, 3, в яку западають заготовки 1, захоплюються і транспортуються підпружиненими собачками 2.

В якості захватного органу часто застосовують диски з прямокутними і профільними вирізами. На рис. 3.4, а показаний диск 1 з прямокутними вирізами 2 для захоплення циліндричних заготовок 3, а на рис. 3.4, би - з профільними вирізами 1 для захоплення шайб 2. Диск встановлюють в донній частині бункера.

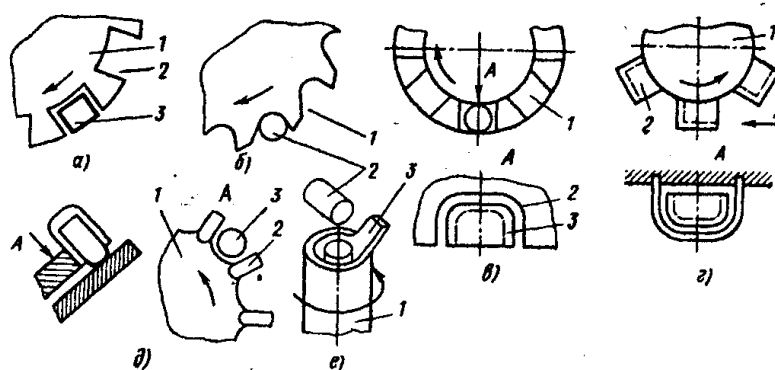


Рисунок 3.4 - Механізми захоплення і орієнтування [16]

Захватні органи у вигляді циліндричного барабана 1 з профільними вирізами 2 на торці (рис. 3.4, в) застосовують для подання низьких ковпачків з сферичним денцем 3. Для таких же ковпачків застосовують диск 1 (див. рис. 3.4, г) з кишеньками 2, розташованими по колу. Кишеньки роблять знімними на випадок заміни при зносі.

Дуже продуктивні (до 200 шт/хв) хватні органи у вигляді зубчастих дисків 1 (рис. 3.4, д). По колу диска розташовані зубці 2, між якими розташовуються заготовки(високі і середні ковпачки). Вверху бункера відбувається відсортовування ковпачків : що запали вгору денцем випадають з диска, а що запали денцем вниз передаються в приймальний лоток.

Вибірку циліндричних заготовок можна робити за допомогою трубки. На рис. 3.4, е показана трубка, що обертається, 1, вмонтована в донну частину бункера. Трубка має палець 3, який при обертанні ворушить заготовки 2, внаслідок чого вони западають в трубку. Захватні трубки можуть бути і із зворотно-поступальним рухом, в цьому випадку на верхньому торці трубки роблять похилий зріз, сприяючий кращому западанню заготовок в трубку. Продуктивність таких хватних органів до 40 шт/хв.

Розглянуті різновиди хватних органів є найбільш поширеними і можуть служити початковою базою при проектуванні бункерно-орієнтуючих пристроїв.

Механізм орієнтації здійснює орієнтування заготовок в просторі. Процес орієнтування заготовок лежить в основі побудови будь-якого автоматичного завантажувального пристрою, що здійснює подання штучних заготовок в робочу позицію в строго певному робочому положенні. Тому вибір принципу побудови і розробка механізму орієнтації є одним з найголовніших питань проектування автоматичних завантажувальних пристроїв.

Пристрої, що здійснюють первинну орієнтацію заготовок, зустрічаються рідко, оскільки первинна орієнтація забезпечується зазвичай одночасно із захопленням (см наприклад рис. 3.4).

При випаданні заготовок в приймальне вікно його ширина обмежує продуктивність БЗУ. Іноді для підвищення продуктивності вікно розширюють, допускаючи втрату орієнтації заготовок. Випадні заготовки потрапляють на лоток з направляючими лопатями і отримують первинну орієнтацію в процесі руху. В цьому випадку лоток з направляючими лопатями буде облаштуванням первинної орієнтації.

Механізми, що здійснюють одночасно захоплення і первинну орієнтацію заготовок, можуть виконувати первинну орієнтацію таким чином:

- 1) шляхом западання заготовок в кишеню;
- 2) лотками у вигляді щілин і трубок;
- 3) надяганням заготовок на гачок або штир.

Первинна орієнтація западанням в прості кишені застосовується в дискових БЗУ для заготовок типу валиків і дисків (рис. 3.5, в, г, д).

Орієнтація лотком у вигляді трубки (рис. 3.5, е) застосовується для заготовок типу втулок і валиків в діапазоні: $l/d = 0,2..4$. При цьому трубка може мати оберতальне, зворотно-поступальне і складні рухи.

Орієнтація лотком у вигляді щілини (рис. 3.5, ж) застосовується в секторних і лопатевих БЗУ для заготовок типу диска, пластини, а також у відцентрових БЗУ (рис. 3.5, з). Орієнтація заготовок надяганням на гачок або штир застосовується для втулок, гільз в крючкових БЗУ (рис. 3.5, и).

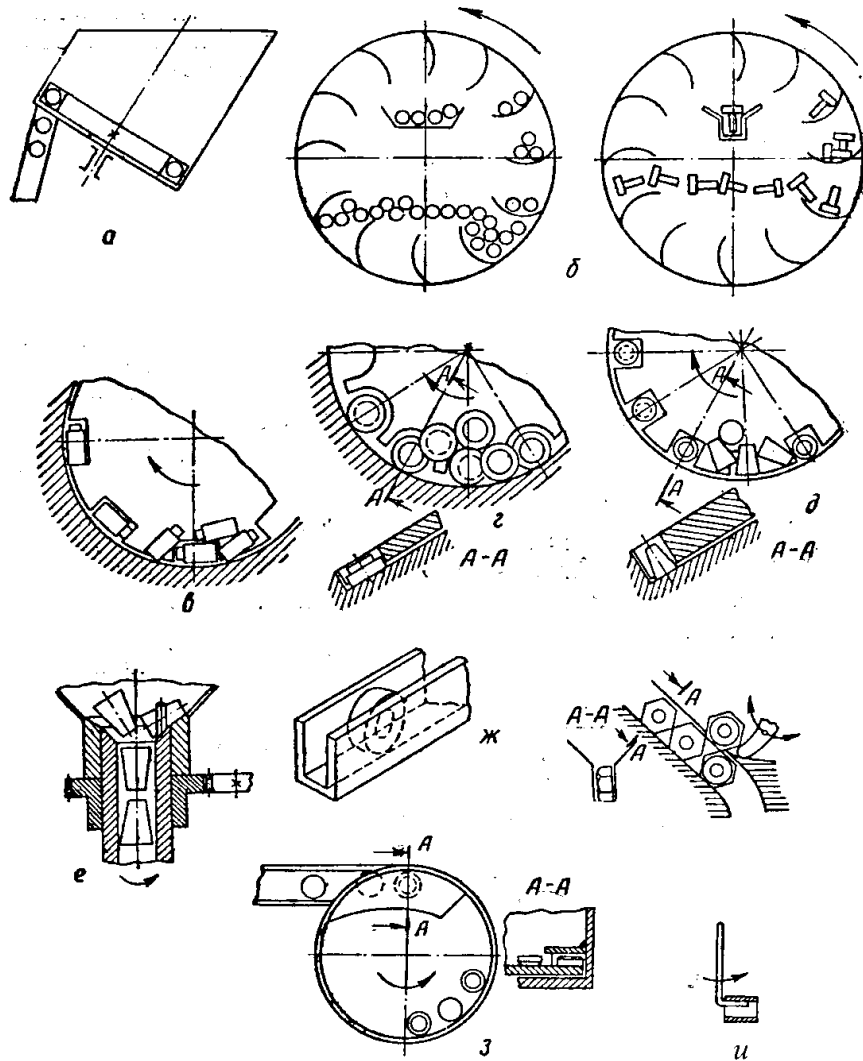


Рисунок 3.5 - Механізми для захоплення і первинної орієнтації [16]

Пристрої, що здійснюють вторинну орієнтацію заготовок, конструктивно дуже різноманітні. Вторинна орієнтація може бути зроблена: 1) в захватному органі і 2) в окремому пристрої.

Вторинна орієнтація в захватному органі використовує особливості геометричної форми заготовок або зміщення центру тяжіння відносно середини заготовки.

Механізми, що здійснюють захоплення і подвійну орієнтацію одночасно, побудовані на принципі використання геометричної форми заготовок. Повна орієнтація заготовок відбувається безпосередньо в захватному органі БЗУ. Захоплення і подвійна орієнтація відбуваються наступними способами:

- 1) по внутрішній поверхні заготовки - надяганням на гачок або штир в штирьових і крюкових БЗУ;
- 2) за профілем заготовки - западанням в профільну кишеню в карманчикових БЗУ;
- 3) з використанням голівок або уступів - западанням в щілину в секторних, щілинних і інших БЗУ.

Для одного і того ж типу заготовок прийнятними можуть виявитися декілька типів БЗУ. При виборі найбільш раціональної конструкції БЗУ первинне значення має наступне: 1) положення, в якому заготовки повинні виходити з лотка; 2) розташування і число оборотів валу, від якого конструктивно просто здійснити привід; 3) характер виконавчого механізму і простота конструкції БЗУ в цілому.

Що з'явилися порівняно недавно в машинобудуванні вібраційні бункерні завантажувальні пристрої (живильники) є новим різновидом автоматичних завантажувальних пристроїв і мають ціле рядом переваг в порівнянні з іншими типами БЗУ. Ці пристрої порівняно прості по конструкції. Відсутність в них захватно-орієнтуючих органів, що рухаються, унеможливорює заклинювання заготовок, у зв'язку з цим відпадає необхідність в запобіжних механізмах.

У вібраційних бункерних завантажувальних пристроях (ВБЗУ) із спіральним лотком можна запобігти падінню і ударам заготовок один об одного, що порушують чистоту поверхонь точних деталей, що поступають на складання і контроль. Постійна рівномірна швидкість руху заготовок по лотку створює сприятливі умови для здійснення орієнтації складних заготовок усередині бункера.

У ряді випадків ВБЗУ є єдиною можливим засобом автоматизації завантаження заготовок, наприклад, деталей годинного і радіотехнічного виробництва, де заготовки дуже малі, мають малу міцність і мають схильність до взаємного зчеплення (наприклад, рубінові камені, скляні, пластмасові, слюдяні деталі і т. п.).

У машинобудівній промисловості заготовки з великими задирками, наприклад, поковки кілець підшипників, можуть ефективно завантажуватися в автоматичне устаткування тільки за допомогою ВБЗУ.

Завдяки використанню резонансного принципу роботи ВБЗУ для приводу їх потрібно значно менше збуджуюче зусилля, чим для віброживильників інших конструкцій.

Розглянемо деякі конструкції вібраційних завантажувальних пристроїв.

На рис. 3.6 показана конструкція ВБЗУ для невеликих заготовок. ВБЗУ складається з чаші 1, на внутрішній циліндричній поверхні якої є спіральний лоток 2. Днище чаші 3 укріплено на трьох багатошарових підвісках 4, плоских ресор, що представляють набори.

У центрі нижньої масивної основи 5 укріплений електромагніт 6, якір якого 7 кріпиться до днища чаші 3. Для віброізоляції бункер розташований на гумових амортизаторах 8. Регулювання продуктивності здійснюється зміною струму, що подається в електромагніт, яке робиться за допомогою вбудованого реостата 9.

Резонансне налаштування живильника може регулюватися шляхом зміни кількості пластин в пакетах багатошарових підвісок 4.

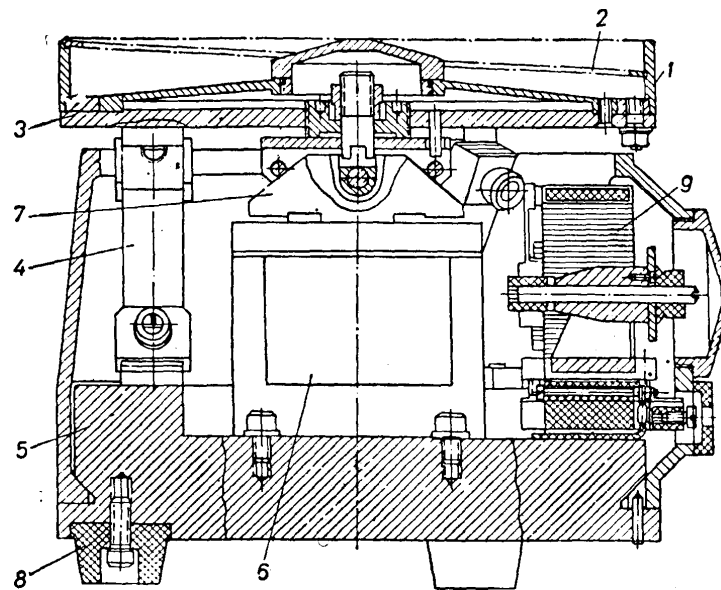


Рисунок 3.6 - ВБЗУ з багатошаровими підвісками [16]

На рис. 3.7 показана конструкція ВБЗУ з підвіскою чаші на циліндричних стержнях. ВБЗУ складається з чаші 13, на внутрішній циліндричній поверхні якої виконана спіральна канавка призматичної форми, в якій вміщуються циліндричні

деталі в один ряд. Чаша 13 разом з конусом 12 кріпиться до днища 11. Днище ВБЗУ укріплене на трьох похилих циліндричних пружинних стержнях 2, закріплених затиск-мі у верхньому 1 і нижньому 5 черевиках. Стержні розташовані таким чином, що проекція їх на горизонтальну площину перпендикулярна до радіусу в точках кріплення їх до днища 11. Для зменшення габаритів живильника при певній робочій довжині пружинних стержнів 2 кріплення їх до нижньої плити 8 здійснюється затисками 5 з нижнього боку плити.

Привід живильника здійснюється від вертикального електромагнітного вібратора 3, встановленого в центрі плити 8. Якір вібратора 14 виконаний з пластин електротехнічної сталі, пакет яких за допомогою планок кріпиться до основи якоря.

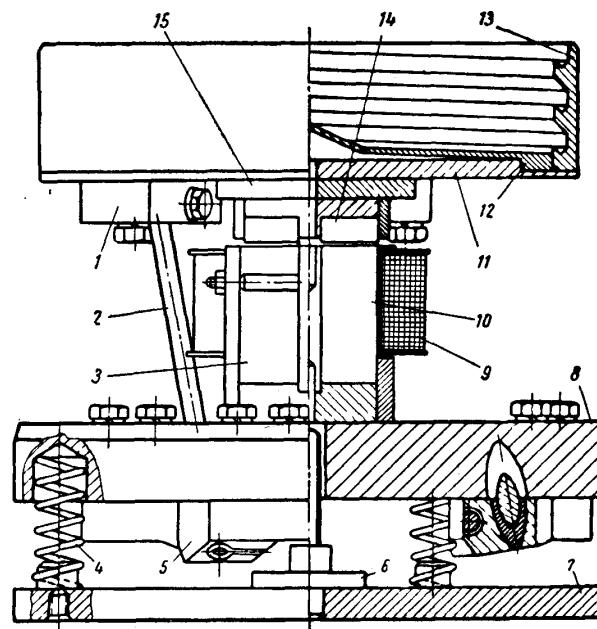


Рисунок 3.7 – ВБЗУ з підвіскою чаші на циліндричних стержнів [16]

Для ізоляції днища бункера від проникнення магнітних силових ліній, які можуть намагнічувати деталі, що подаються, між основою якоря і днищем встановлено алюмінієве прокладення 15. Сердечник електромагніту складається з набору Ш-образних пластин 10, виготовлених з електротехнічної сталі, прикріплених до основи вібратора за допомогою планок. На середній виступ набору надівається котушка 9 з обмоткою, через яку пропускається змінний струм.

Вертикальні коливання якоря вібратора за рахунок вигину похилих стержнів 2 перетворюються в коливання чаші живильнику по гвинтовій лінії. Такий коливальний рух примушує деталі, що лежать на поверхні конуса 12, сповзати до спіральної канавки і підійматися по ній вгору.

Для віброізоляції завантажувальний пристрій встановлений на трьох витих циліндричних пружинах 4 порівняно невеликій жорсткості. Усунення надмірної рухливості живильника досягається установкою на підставі 7 осі 6 з гумовою втулкою, котра входить в отвір плити 8 з невеликим проміжком. Ця вісь, забезпечуючи амортизованій системі два ступені свободи : переміщення по вертикалі і обертання навколо вертикальної осі, обмежує можливість інших переміщень.

Особливістю таких конструкцій вібраційних бункерних завантажувальних пристроїв, являється застосування циліндричних стержнів в якості пружних підвісок.

Застосування циліндричних стержнів замість плоских пружин викликане наступними міркуваннями.

Частота власних коливань ВБЗУ має бути цілком визначеною і залежить вона від жорсткості пружин, на яких підвішена чаша живильника.

Пластинчаті ресорні пружини мають жорсткість, сильно залежну від напрямку їх вигину. Тому жорсткість кожної пружини, закріпленої в системі ВБЗУ, значною мірою залежатиме від точності її установки. Неоднакова жорсткість пружин, на яких підвішується чаша пристрою, порушує рух заготовок по спіральному лотку і вимагає додаткової роботи по налаштуванню ВБЗУ.

Круглі циліндричні стержні мають однакову жорсткість у будь-якому радіальному напрямі і тому менш чутливі до погрешностей складання. Розрахунок їх пружних властивостей, а, отже, і параметрів власних коливань ВБЗУ простий і точний. Крім того, циліндричні стержні допускають усунення погрешностей розрахунку простим способом регулювання резонансного налаштування.

Необхідність регулювання резонансного налаштування викликається тим, що при проектуванні вібраційного пристрою не завжди вдається точно визначити маси і моменти інерції частин ВБЗУ із-за їх складної конфігурації. Тому частота власних коливань системи виготовленого завантажувального пристрою може виявитися дещо вищою або нижче розрахункової. Видалення навіть на декілька герц від резонансної області збільшує потрібне для приводу ВБЗУ збуджуюче зусилля у декілька разів.

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану прохідника виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Трьовимірна модель показана на рис. 4.1.

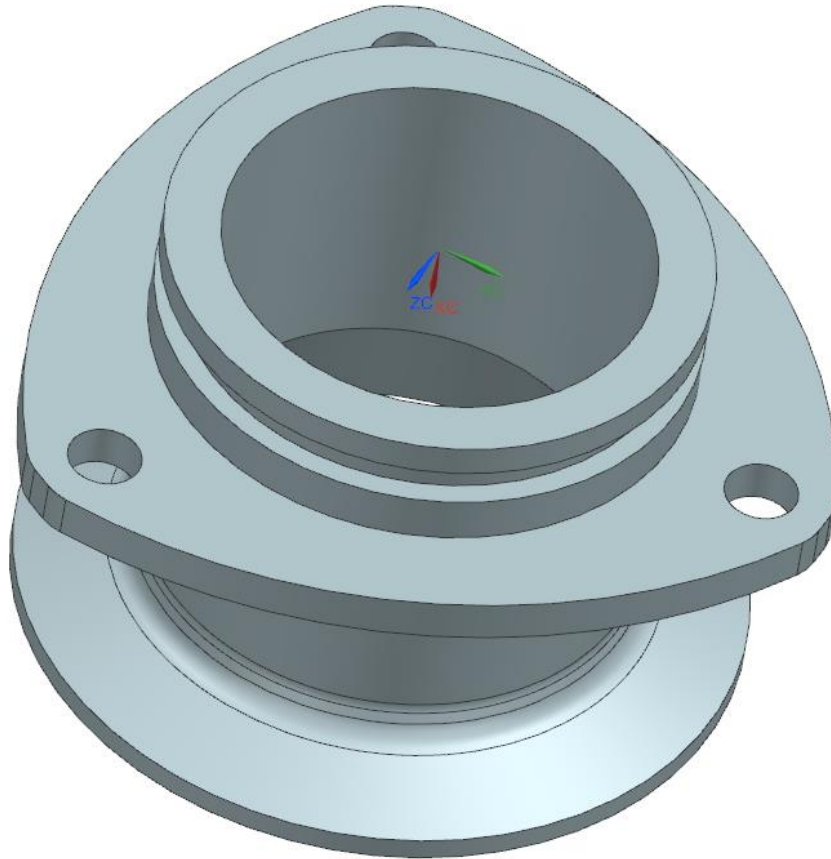


Рисунок 4.1 – Трьовимірна модель прохідника

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

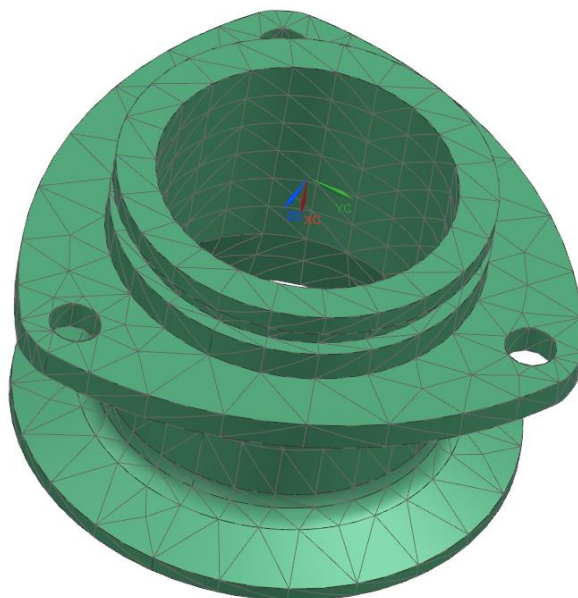


Рисунок 4.2 – Модель прохідника розбита на сітку кінцевих елементів

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

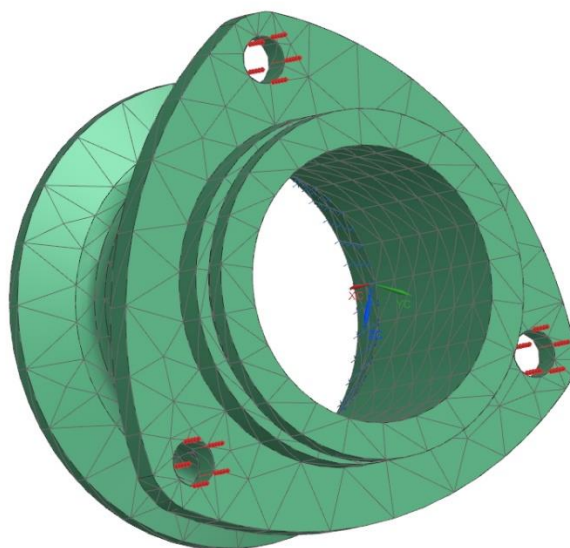


Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

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

nds_sim1 : Solution 1 Результат
Subcase - Static Loads 1, Статический шаг 1
Перемещение - По узлам, Величина
Мин. : 0, Макс. : 0.00629775, Единицы = mm
Деформация : Перемещение - По узлам Величина

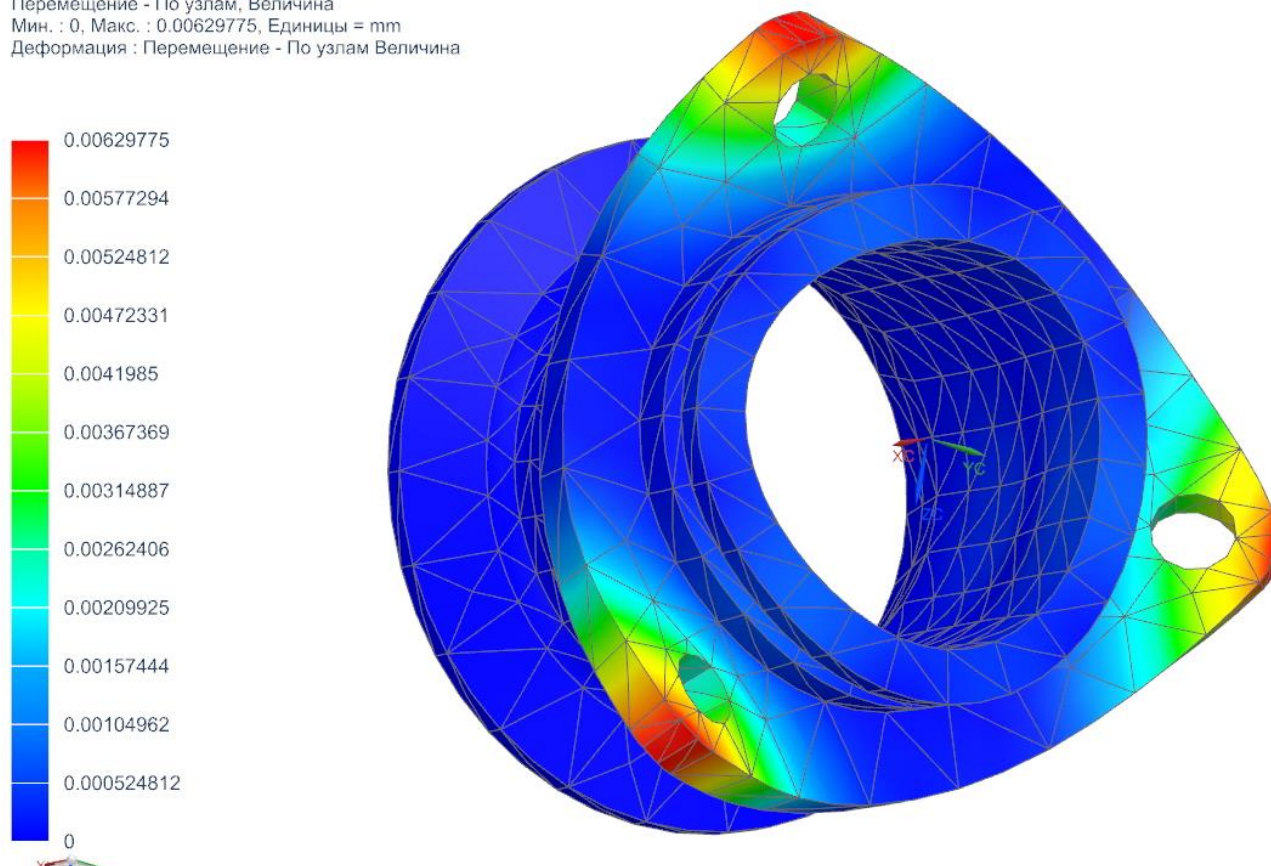


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану прохідника

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що найбільш небезпечним перерізом буде тонка стінка біля отвору для того щоби підвищити міцність деталі необхідно виконувати її зміцнення.

5 СПЕЦЗАВДАННЯ

АНОДНО-ІМПУЛЬСНЕ ОКИСДУВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Титанові сплави застосовуються у виробках авіаційної техніки з високим ресурсом експлуатації, тривало працюючих у всекліматичних, у тому числі і морських умовах, де можливе утворення на їх поверхні відкладень морської солі.

На рис. 5.1 показаний наліт солі на поверхні лопаток двигуна, що експлуатувався в морських умовах короткий час (~15 г).



Рисунок 5.1 - Титанові лопатки компресора ГТД з сольовим відкладенням [17]

Відомо, що контакт з NaCl , основним компонентом морської солі, при підвищених температурах ($\geq 250^\circ\text{C}$) здатний викликати горячесольову корозію титанових сплавів, що супроводжується окрихчуванням, внаслідок чого при одночасній дії розтягуючої або знакозмінної напруги їх міцність і довговічність можуть істотно знижуватися.

Зважаючи на потенційну небезпеку горячесолевої корозії для деталей з титанових сплавів, що експлуатуються у всекліматичних умовах при температурах $>250^\circ\text{C}$, проводиться пошук обробок поверхні, що ефективно захищають титанові сплави від горячесольової корозії і не знижують механічні властивості титанових сплавів.

У цій роботі показана можливість захисту титанових деталей за допомогою анодно-оксидного покриття завтовшки 10-15 мкм від дії відкладень NaCl при температурах до 500 °С, розтягуючій нарузі і знакозмінних навантаженнях.

Товщина сольових відкладень може бути різної залежно від умов і тривалість експлуатації. При відробітку методики випробувань на гарячесольову корозію встановлено, що найбільшу агресивність мають відкладення NaCl завтовшки ~50 мкм. У зв'язку з цим усі подальші дослідження проводили з відкладеннями NaCl вказаної товщини, що забезпечувало порівнянні і найбільш жорсткі умови випробувань.

При випробуваннях на гарячесольову корозію міра корозійної дії залежить не лише від товщини сольових відкладень, але і від температури, тривалості випробувань і рівня прикладеної напруги. Для того, щоб врахувати вплив вищеперелічених чинників, стійкість титанових сплавів до розтріскування від гарячесольової корозії під напругою оцінювали за допомогою службових характеристик, таких як тривала міцність і багатоциклова втома.

Для виготовлення зразків використали гарячекатані прутки титанових сплавів марок ВТЗ-1, ВТ8М, ВТ8М-1, ВТ9, ВТ18У і ВТ25У в стані, що відпалює.

Випробування на тривалу міцність проводили при температурі 450 °С на сплавах ВТЗ-1 і ВТ8М-1 (на базі 100 ч) і ВТ8М (на базі 100, 500 і 1000 ч), а також при температурі 500 °С на сплавах ВТ18У (на базі 100 ч) і ВТ25У (на базі 100 і 500 ч) при статичному додатку розтягуючої напруги відповідно до вимог ГОСТ 10145 на гладких циліндричних зразках за допомогою випробувальної машини ZST 2/3 – ВИЭТ.

Випробування на багатоциклову втому (МнЦУ) проводили при температурах 450 °С (сплав ВТЗ-1) і 500 °С (сплави ВТ18У і ВТ25У) в умовах чистого вигину з обертанням з частотою 50 Гц на базі $2 \cdot 10^7$ циклів відповідно до вимог ГОСТ 25502 на тороїдальних зразках за допомогою випробувальної машини МВИ-611М.

Створення на робочій поверхні зразків сольового нальоту завтовшки ~50 мкм здійснювали пошаровим пневматичним напиленням насиченого водного розчину NaCl (ч.д.а.) за допомогою пульверизатора і подальшою сушкою при температурі

105-110 °C впродовж 15-20 хв. Цю операцію повторювали до отримання сольових відкладень необхідної товщини, яку вимірювали мікрометром на контрольних зразках.

На рис. 5.2 показаний зразок для випробувань на тривалу міцність з сольовим нальотом. Візуально-оптичні дослідження стану поверхні і зламів зразків після випробувань проводили за допомогою біноклярного мікроскопа МБС-2 і мікроскопа «Неофот».



Рисунок 5.2 - Зразок з сольовими відкладеннями ($\delta_{\text{NaCl}}=45\text{-}50$ мкм) для випробувань на тривалу міцність [17]

Процес анодного оксидування зразків титанових сплавів виконували в кислотному розчині в імпульсному режимі при напрузі вище початку іскріння. Товщина покриття складала 10-15 мкм. Це анодно-оксидне покриття завтовшки до 15 мкм не робить впливу на чистоту поверхні і механічні властивості (σ_y , δ , ψ) обробленої титанової деталі. Мікротвердість покриття перевищує мікротвердість основи більш ніж в 1,5 разу і складає 6600 - 6700 МПа. Колір покриття - від світло-сірого до сірого залежно від сплаву.

У цій роботі досліджували вплив тривалих високотемпературних витримок на структуру і фазовий склад анодно-оксидного покриття. Для цього зразки із сплавів ВТ8М і ВТ25У, виготовлені у вигляді шайб завтовшки 2 мм і 23 мм, з анодно-оксидним покриттям піддавали тривалим високотемпературним нагрівам: із сплаву ВТ8М при 450 °C – до 2000 ч, із сплаву ВТ25У при 500 °C – до 1000 г в термостаті марки СНОЛ-1,6.2,5.1/9-ИЗ.

Рентгенофазовий аналіз складу анодно-оксидного покриття здійснювали при зйомці монолітного зразка на дифрактометрі ДРОН-3 з монохроматичним Си К α -випроміненням.

Електронно-мікроскопічні дослідження будови анодно-оксидного покриття виконували на електронному мікроскопі GSM - 350F.

У табл. 5.1 показані значення меж тривалої міцності, отримані при випробуваннях зразків з титанових сплавів без покриття і з анодно-оксидним покриттям в початковому стані і з сольовими відкладеннями.

Як випливає з приведених результатів, наявність сольових відкладень на поверхні титанових зразків без покриття істотно знижує їх тривалу міцність в заданих умовах. В той же час, згідно з отриманими даними, анодно-оксидне покриття не лише не знижує тривалу міцність титанових сплавів, але і забезпечує практично стовідсотковий (95-100%) захист їх від горячесолевої корозії в заданих умовах.

Таблиця 5.1 - Ефективність анодно-оксидного покриття в якості захисту титанових сплавів від горячесольової корозії при випробуванні на тривалу міцність [17]

Сплав	Температура випроб. °C	Тривалість випроб. ч	Тривала міцність, МПа, для зразків			
			без покриття		з покриттям	
			без солі	у контакті з NaCl	без солі	у контакті з NaCl
BT3-1	450	100	550	390	>555	550
BT8M	450	100	640	540	—	640
		500	590	325	>605	590
		1000	550	265	—	550
BT8M-1	450	100	685	550	—	685
BT9	500	100	600	195	—	570
BT18Y	500	100	600	165	—	590
BT25Y	500	100	685	165	—	665
		500	570	130	—	550

На рис. 5.3 представлені фрагменти поверхні зразків із сплаву BT8M-1 без покриття після випробування на тривалу міцність при температурі 450 °C без сольових відкладень і у контакті з NaCl. Злами вищезгаданих зразків із сплаву

BT8M-1 приведені на рис. 4. Видно, що зразок з сольовим нальотом має крихкий характер руйнування і уся поверхня покрита численними тріщинами у відмінності від контрольного зразка. У зламі зразка, випробуваного у контакті з NaCl, спостерігається окислена приповерхнева тріщина, що привела до його передчасного руйнування.

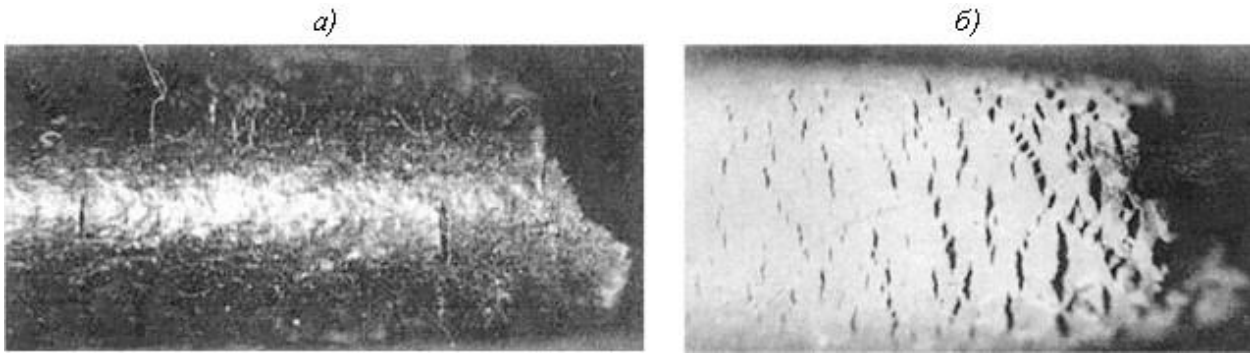


Рисунок 5.3 - Фрагменти поверхні зразків із сплаву BT8M-1 після випробування на тривалу міцність при 450°C: а - без покриття ($\sigma=685$ МПа, $\tau=104$ г); б - без покриття+NaCl ($\sigma=590$ МПа, $\tau=33$ г) [17]

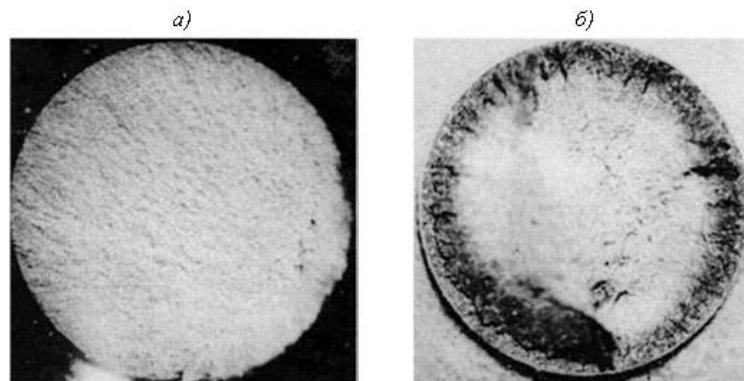


Рисунок 5.4 - Злами зразків із сплаву BT8M-1 після випробування на тривалу міцність при 450°C: а - без покриття ($\sigma=685$ МПа, $\tau=104$ г); б - без покриття+NaCl ($\sigma=590$ МПа, $\tau=33$ г) [17]

На рис. 5.5 і 5.6 показаний вид зразків із сплавів BT8M-1 і BT25У без покриття і з анодно-оксидним покриттям після випробувань на тривалу міцність

без сольових відкладень і у контакті з NaCl. Крихкий характер руйнування зразків без покриття, випробуваних у контакті з NaCl, істотно відрізняється від пластичнішого руйнування контрольних зразків. Зразки з анодно-оксидним покриттям, випробувані у контакті з NaCl в ідентичних умовах, не зруйновані, порушень анодної плівки і корозійних ушкоджень на їх поверхні не спостерігається.

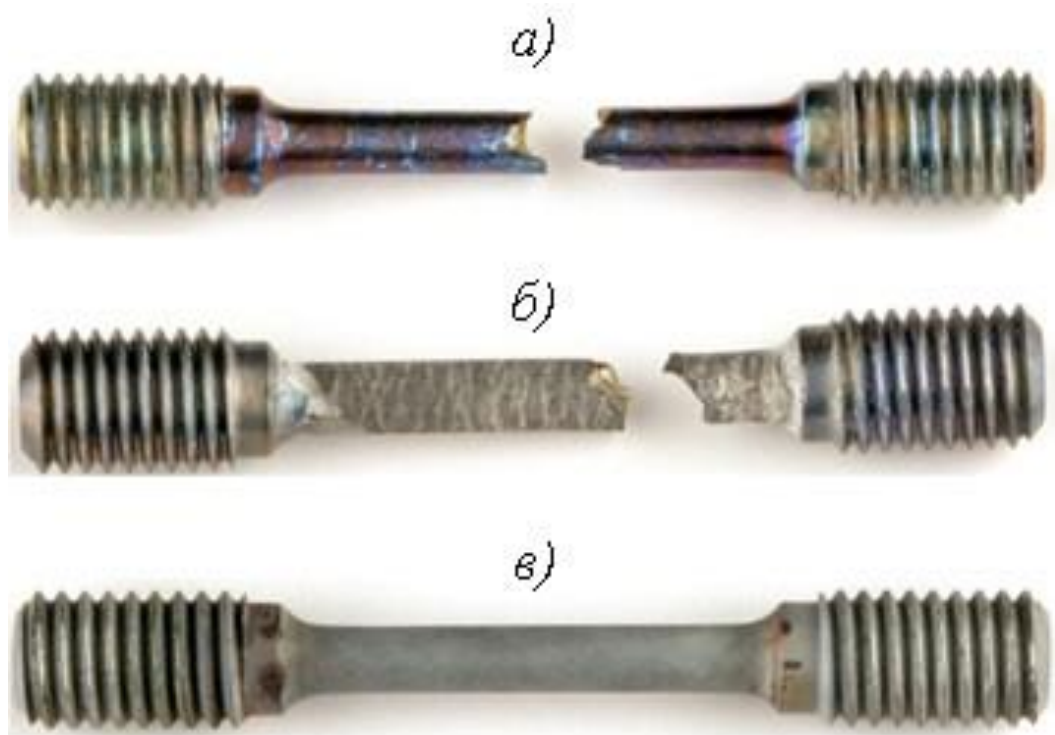


Рисунок 5.5 - Вид зразків із сплаву ВТ8М-1 після випробувань на тривалу міцність при 450°C: а - без покриття ($\sigma=685$ МПа, $\tau=104$ г); б - без покриття+NaCl ($\sigma=590$ МПа, $\tau=33$ г); в - з анодно-оксидним покриттям+NaCl ($\sigma=665$ МПа $\tau>193$ г) [17]

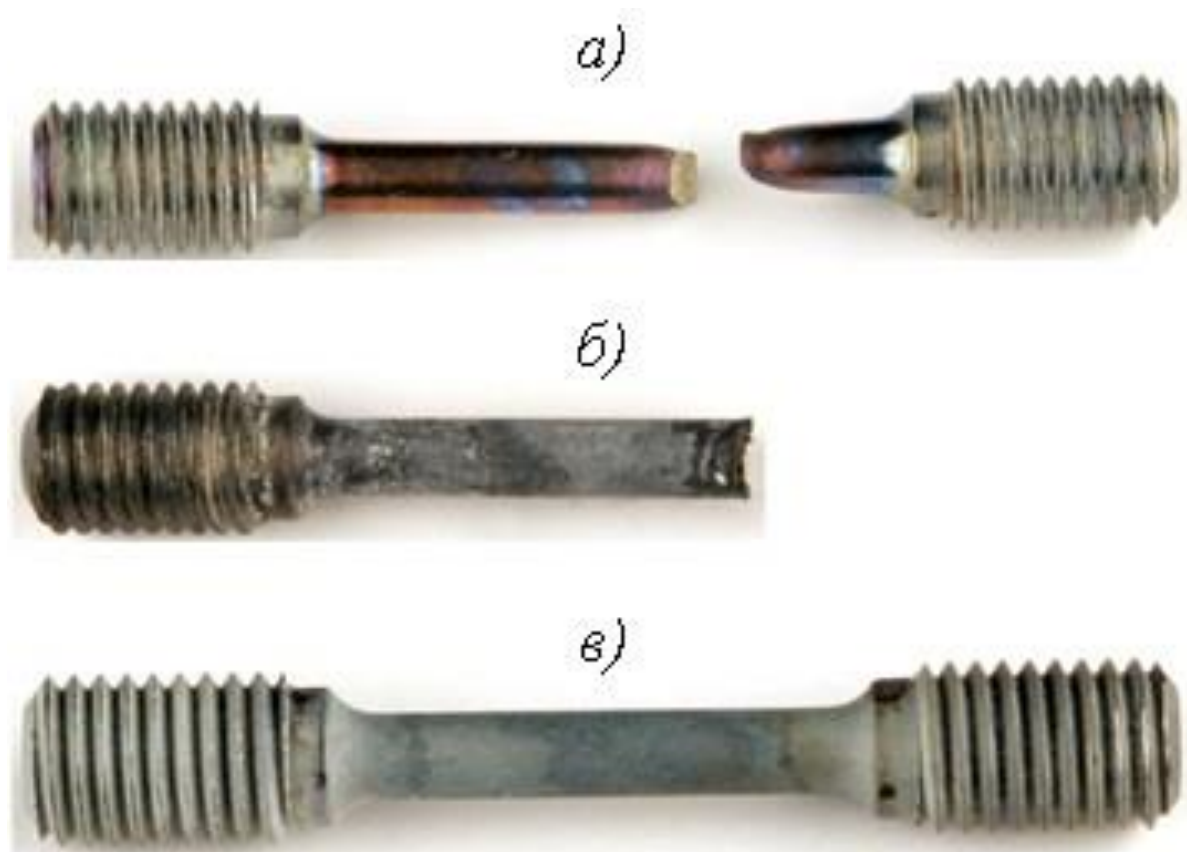


Рисунок 5.6 - Вид зразків із сплаву VT25У після випробувань на тривалу міцність при 500°C: а - без покриття ($\sigma=685$ МПа, $\tau=190$ г); б - без покриття+NaCl ($\sigma=165$ МПа, $\tau=128$ г); в - з анодно-оксидним покриттям+NaCl ($\sigma=665$ МПа $\tau>169$ г) [17]

У таблиці. 5.2 приведені значення МнЦУ, отримані при випробуваннях зразків з титанових сплавів без покриття і з анодно-оксидним покриттям без сольових відкладень і у контакті з NaCl. Згідно з отриманими даними, в умовах МнЦУ анодно-оксидне покриття забезпечує 95% -ное збереження межі витривалості при температурі 450°C і 80% -ное – при температурі 500°C, істотно перевищуючи значення / зразків з сольовими відкладеннями без покриття.

Таблиця 5.2 - Ефективність анодно-оксидного покриття в якості захисту титанових сплавів від горячесолевої корозії в умовах МнЦУ

Сплав	Температура випробування, °З	Наявність сольових відкладень	Покриття	МнЦУ: σ_{-1} , МПа на базі $2 \cdot 10^7$ циклів
BT3-1	450	-	—	410
		+	—	135
		+	Ан. Окс.	390
BT18У	500	-	—	410
		+	—	79
		+	Ан. Окс.	335
BT25У	500	-	—	570
		+	—	155
		-	Ан. Окс.	570
		+	Ан. Окс.	450

На рис. 5.7 представлені зразки із сплаву BT25У після випробувань на МнЦУ. Візуально-оптичні дослідження зразків після втомних випробувань у контакті з NaCl показали, що на поверхні незахищених зразків є продукти корозії чорного кольору, під якими виявлені плями, питинги і виразки. Встановлено також, що в зламах зразків без покриття, що випробуваних з сольовими відкладеннями і мали на поверхні корозійні ушкодження, виявляється більша кількість вогнищ зародження втомних тріщин, чим у контрольних зразків. Це, очевидно, є причиною зниження меж витривалості і передчасного руйнування зразків під впливом NaCl. В той же час показано, що поверхня зразків з анодно-оксидним покриттям, випробуваних у контакті з NaCl, ушкоджень не мала.

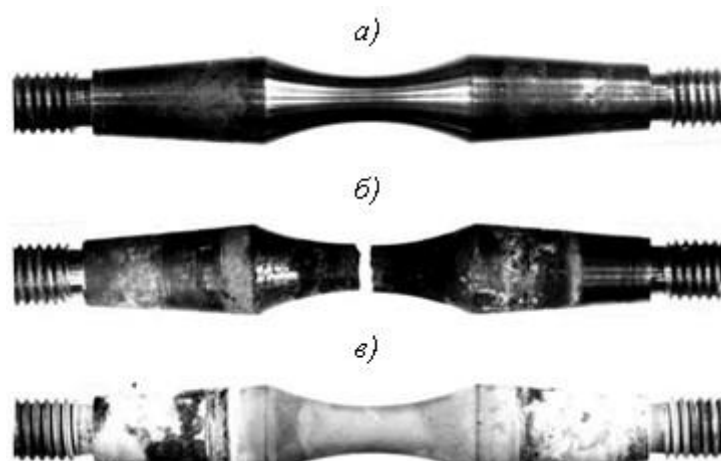


Рисунок 5.7 - Вид зразків із сплаву ВТ25У після випробувань на МНЦУ при 500°C: а - без покриття ($\sigma=510$ МПа, $N>29880000$ цикл); б - без покриття+NaCl ($\sigma=195$ МПа, $N=12640000$ цикл); в - з анодно-оксидним покриттям+NaCl ($\sigma=410$ МПа, $N>25122000$ цикл) [17]

Електронно-мікроскопічними дослідженнями виявлено, що поверхня анодно-оксидного покриття розвинена і має комірчасту структуру (рис. 5.8). Покриття пористе, але пори замкнуті в об'ємі покриття і не досягають поверхні металу. Діаметр пір - від 100 до 500 нм. Рентгенофазовий аналіз показав, що анодно-оксидне покриття, незалежно від матеріалу підкладки, складається з анатазу з невеликою кількістю рутилу ($A \gg P$).

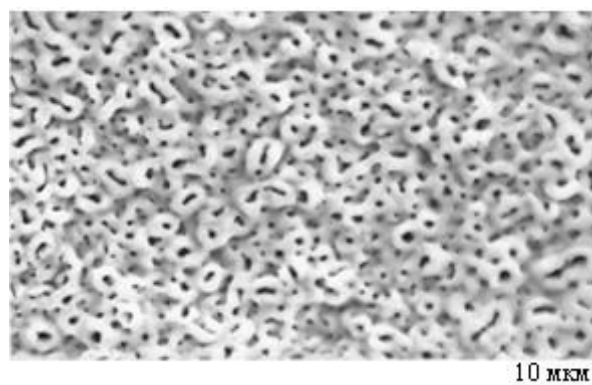


Рисунок 5.8 – Мікроструктура ($\times 1000$) поверхні анодно-оксидного покриття [17]

Встановлено також, що склад і структура покриття не зазнають помітних змін в порівнянні з початковими при тривалих високотемпературних витягах зразків із сплаву ВТ8М-1 при температурі 450 °С впродовж 2000 г і із сплаву ВТ25У при температурі 500 °С впродовж 1000 г.

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Визначимо річний економічний ефект від впровадження замість звичайного, інструменту із зносостійкими покриттями 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.	1000	1000
Собівартість одиниці інструменту, грн.	150	210
Питомі капітальні вкладення, грн.	69	88
Продуктивність інструменту, тис. деталей	500	1000
Термін служби, років	5	10
Річні експлуатаційні витрати споживача, грн.	16,85	5,21
Супутні витрати споживача, грн.	74,0	63,5
Нормативний чинник прибутковості інвестицій	0,15	0,15
E		

Визначимо приведені витрати за обома варіантами:

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

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

E – нормативний чинник прибутковості інвестицій;

K – питомі капіталовкладення i -го варіанта

$$Z_1 = 150 + 0,15 \cdot 69 = 160,35 \text{ грн.}$$

$$Z_2 = 210 + 0,15 \cdot 88 = 223,20 \text{ грн.}$$

Розрахуємо річний економічний ефект:

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

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

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

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

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

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

N - річний обсяг виробництва засобу праці нової конструкції.

$$E = \left(160,35 \cdot \frac{1000 \cdot (0,2 + 0,15)}{500 \cdot (0,14 + 0,15)} + \frac{16,85 - 5,21 - 0,15 \cdot (63,5 - 74,0)}{0,14 + 0,15} - 223,20 \right) \cdot 1000 = 140220 \text{ грн.}$$

Відповідно річний економічний ефект від впровадження нового інструменту із зносостійким покриттям становить 140220 грн

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

7.1 Аналіз потенційних небезпек

Під час виготовлення деталей ймовірними є наступні потенційні небезпеки:

1. Ураження електричним струмом, у наслідок несправності обладнання, невиконання правил техніки безпеки при користуванні електричним обладнанням, що може призвести до електротравм або летального наслідку; [18, 19]

2. Механічні травми внаслідок організаційних причин:

а) нерационального планування робочого місця; в наслідок застосування меблів, що не відповідають ергономічним вимогам; [19, 20]

б) захаращення заготовками і деталями робочого місця;

в) травми та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей; [19, 21]

г) пошкодження шкіряного покриву рук гострити кромками, шорохатістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць; [21]

3. О при порушенні правил безпеки при виконанні операцій точіння в'зких металів без спец. одягу.

4. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей пиловими частками або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів. Причини травматизму - порушення технологічного процесу та робота без захисних окулярів або щитків для захисту обличчя; [20]

5. Неуважність і недбалість персоналу також може привести до травм різного ступеню важкості.

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

7. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загального втомлення, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферичної нервової системи: невритів, радикулітів.

8. Повтор однотипних рухів, які пов'язані з багаторазовим скороченням м'язів є причиною захворювання кистей рук (запалення та набрякання) та зап'ястя, набрякання та оніміння пальців.

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

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

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

12. Вірогідність загоряння, у зв'язку із несправністю електричного обладнання, недотримання, або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом, що призводить до пожежі; [22]

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

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, детально розроблений технологічний процес виготовлення прохідника. Обрано і економічно обґрунтований метод виготовлення заготовки. Розраховано припуски на завдану деталь. Розраховані режими різання і технічне нормування відповідно до стандартів базового підприємства. Розроблено технологічні операції з використанням спеціальних САМ програм.

Спроектовано та розраховано конструкції робочого та контрольного пристосувань.

Виконано спеціальне завдання на тему анодно-імпульсне оксидування титанових сплавів.

У частині з охорони праці проведений аналіз потенційних небезпек і описані заходи по забезпеченню безпеки. Також описані заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці, заходи з пожежної безпеки і заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення прохідника.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до дипломного проєктування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.0902260) усіх форм навчання / Склали: Яценко В.К., Ципак В.І., Кореневскій Є.Я., Хорошков В.Д., Кононов В.В., Смирнов О.С., Сахно О.Г., Зінкевіч К.В., Гончар Н.В., Пухальська Г.В., Алексєєнко О.В., Каліуш В.І., Савчук Н.О. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. 245 с.
2. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
3. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
4. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО “Мотор Сич”, 1998. –45с.
5. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
6. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «Вишэйшая школа», 1986г. – 237с.
7. Иванов И.И. «Детали машин» Учебник для вузов. – 2-е издание. – М.: Машиностроение 1983г. – 277с.
8. Методичні вказівки до практичних занять з дисциплін “ Технологія машинобудування» (розділ проєктування зубообробних операцій) для студентів спеціальностей: 8.090202, 8.090203, 7.090260, усіх форм навчання./Укл. В.Д. Хорошков.-Запоріжжя: ЗНТУ, 2003. - 93 с.
9. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А. Гаков., В.В. Аникин, Н.Г. Бойм и др.; Под общ. ред. А.А. Гакова.- М.: Машиностроение.1988.-736 с., ил.
10. Стружестрах Е.И. Справочник нормировщика.М.: Машиностроение,1961.-Т.2.- 890 с.

11. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
12. Справочник инструментальщика/ И.А. Ординарцев, Г.В. Филипов, А.Н. Шевченко и др.; Под общ. ред. И.А. Ординарцева. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.: ил.
13. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник/ Я. Л. Гуревич, М. В. Горохов, В. И. Захаров 2 – е изд. Перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. - 240 с.
14. Координатные измерительные машины / В.А. Гапшис, А.Ю. Каспарайтис, М.Б. Модестов, и др. М.: Машиностроение, 1988. 328с.
15. Справочник инженера-технолога в машиностроении / А.П. Бабичев и др. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2005. – 541 с
16. Автоматизация загрузки станков / Камишний Н. И. М.: Машиностроение, 1977. 288с.
17. Захарова Л.В. Анодно-оксидное покрытие - защита титановых сплавов от горячесолевого коррозии // Труды ВИАМ. 2015. №10.
18. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми:Університетська книга, 2011. 557 с.
19. [Электронный ресурс]:–URL:
http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/4403/1/MR_Khomych.pdf
20. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов / С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.- 432 с.
21. Люманов, Е.М Безпека технологічних процесів та обладнання на машинобудівних підприємствах [Текст]: навчальний посібник. – Сімферополь: ВАТ «Сімферопольська міська друкарня» (СГТ), 2008. – 128.

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

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
Перв. примен.						
				<u>Документация</u>		
	A1		НУЗП 293271.003	Збірне креслення		
				<u>Сборочные единицы</u>		
		1		Пневмоциліндр	1	
				<u>Детали</u>		
Стор. №						
		2		Подставка	1	
		3		Шток	1	
		4		Втулка	1	
		5		Кондуктор	1	
		6		Муфта		
		7		Шайба		
				Стандартные изделия		
Подп. и дата						
		8		Втулка Н7	4	
				ГОСТ 18432-73		
		9		Гайка М8	3	
				ГОСТ 5915-70		
		10		Шайба 12	3	
				ГОСТ 11371-72		
Взам. инв. №						
Подп. и дата						
Инв. № подл.						
Инв. № подл.						

НУЗП 293271.003

Приспособления для
контурного фрезерования

Лит. Лист Листов
1 1 2

НУЗП
гр. М-119м

Копировал

Формат А4

[illegible]

		Перв. примен.		Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		Формат	Зона				
Справ. №							
					<u>Документация</u>		
					<u>Збірни креслення</u>		
					<u>Сборочные единицы</u>		
					<u>Детали</u>		
			1		Оправка	1	
			2		Основа	1	
			3		Опора	1	
			4		Втулка	1	
			5		Коромисло	1	
		Подп. и дата			6	Фіксатор	1
			7	Планка	1		
			8	Втулка	1		
			9	Індиктарний годинник	1		
			10	Гвинт спеціальний	1		
			11	Затискач	1		
			12	Вісь	1		
			13	Опора	1		
			14	Гвинт	1		
			15	Основа	1		
Взам. инд. №							
Подп. и дата							
Инд. № подл.							
				<u>Стандартные изделия</u>			
		16		Гайка М12 ГОСТ 5915-70	1		
		17		Гайка М12 ГОСТ 797-67	1		
				НУЗП 401132.003			
	Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
	Разработ.	Бабич					
	Проб.	Козлова О.Б.					
	Н.контр.	Вишнєпольський					
	Утв.	Дядя					
Присосування для контролю біття					Лит.	Лист	Листов
						1	2
					НУЗП М-119м		

[illegible]

Додаток В

Заходи по забезпеченню безпеки

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища. [B2]

Категорія приміщення, відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - підвищеної небезпеки (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий піл в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога). [B3]

Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок») і ГОСТ 12.1.030-81 (2001) «ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление», величина опору захисного заземлення електрообладнання приміщення – 4 Ом; НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила устройства электроустановок. Электрооборудование специальных установок». [B3]

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

Відповідно до вимог ПУЕ обладнання має подвійну ізоляцію: робочу – електрична ізоляція струмоведучих частин електроустаткування, що забезпечує її нормативну роботу та захист від ураження електричним струмом;

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

Згідно з ПУЕ електричне устаткування за засобом захисту людини від ураження електричним струмом, належить до І класу, оскільки має подвійну ізоляцію, елемент для заземлення та провід для поєднання до джерела живлення, що має заземлюючу жилу і вилку з заземлюючим контактом. Для підвищення рівня захисту від загорання при замиканні на заземні частини, коли величина струму не є достатньою для спрацювання максимального струмового захисту, рекомендовано застосування УЗО зі струмом спрацювання до 400 мА. [B3]

Ймовірність механічного травмування може виникнути внаслідок нерационального розташування робочих місць, захаращення робочих місць або у зв'язку з недбалістю та неуважністю обслуговуючого персоналу. Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності.

Ширина проїзду на ділянці - 4.5 метрів, ширина проходів становить 2-2.5метри, що дає можливість безпечно та комфортно переміщувати заготовки, деталі, обладнання, а у випадку пожежі – гарантує швидку евакуацію людей (СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания»). [B4]

З метою зменшення важкої фізичної праці та запобіганню травматизму в умовах серійного виробництва передбачено механізоване переміщення вантажів, масою понад 20 кг та на відстань понад 25 м, яке відповідає вимогам ДСТУ EN 13155-2018 «Крани вантажопідіймальні. Вимоги щодо безпеки. Пристрої вантажозахоплювальні знімні». На ділянці, що проектується, передбачено застосування кран-балки, яка призначена для транспортування пристосувань, переміщення тари з партією заготовок або деталей від верстата до верстата. Кран-балка з дистанційним (за допомогою пульта) керуванням. Перевагою дистанційного керування є можливість здійснення постійного

візуального контролю за переміщенням вантажу, а перебування працівника в безпечній зоні, що гарантує його особисту безпеку. Попереджувальні надписи про вантажопідйомність крана і його роботу відповідають вимогам «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118). Також враховано, що вантажопідйомність кран-балки на 10-20% вища ніж маса вантажу, що підіймається.

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

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

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

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

Для всіх працівників необхідним є проходження навчання відповідно

вимог, що зазначено в НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці». Згідно Наказу міністерства охорони здоров'я України від 21 травня 2007р. №246 «Про затвердження порядку проведення медичного огляду працівників певних категорій» до роботи допускаються особи, що пройшли медичний огляд та не мають протипоказань до цієї роботи. [B6]

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями». [B7, B8, B9]

Метеорологічні умови на дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па –робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату. [B10]

- у холодний період року: температура 18-20°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с;
- у теплий період року: температура 21-23°C; відносна вологість: 40-60%; швидкість переміщення повітря: 0,2 м/с.

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням

приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» [B10].

Освітлення виробничих приміщень відіграє найважливішу роль у забезпеченні збереження працездатності та здоров'я працівників, що постійно працюють в умовах напруження органу зору. Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачене природне та штучне освітлення. Природне освітлення здійснено через світлові прорізи, які забезпечують коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5% [B11].

Штучне освітлення в приміщенні, здійснено системою загального рівномірного освітлення. Норма освітленості на робочій поверхні становить 200-300 лк. Як джерела штучного освітлення в конструкторському бюро та робочих кімнатах використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ, ЛД, які встановлені у світильники типу ЛПО. Для забезпечення нормованого освітлення на ділянці механічного цеху застосовуються світильники типу РСЦ з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин. [B12]

Рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приміщення відповідають вимогам ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» [9] та ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку». Зниження рівня шуму в приміщенні здійснено за допомогою: використання більш сучасного обладнання; розташування обладнання, що створює рівень шуму, більший за нормативно допустимий (понад 80дБа), на значній відстані від більшості робочих місць працівників. [B2]

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

Для зменшення негативного впливу вібрації (спазми судин, порушення кровообігу та терморегуляції, біль в суглобах, тремор кінцівок) під час роботи з ручним механічним, електричним та пневматичним інструментом застосовуються засоби індивідуального захисту (НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966. Під час роботи в умовах загальної вібрації застосовується спеціальне взуття. [B13]

Горінням називається складний фізико-хімічний процес взаємодії горючої речовини та окиснювача, який супроводжується виділенням тепла та випромінюванням світла. [B2]

Горюча речовина і окиснювач, за певних умов, утворюють горюче (вибухонебезпечне) середовище. Залежно від агрегатного стану та ступеня подрібненості речовин, горюче середовище може утворюватися твердими речовинами, легкозаймистими, та горючими рідинами горючим пилом та горючими газами за наявності окиснювача. Процес горіння призводить до пожежі.

Пожежа – неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі і просторі. Для ліквідації пожежі у початковій стадії їх розвитку силами персоналу об'єктів застосовуються первинні засоби пожежогасіння. До них відносяться: вогнегасники, пожежний інвентар (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати, лом, сокири тощо), системи автоматичного пожежогасіння. Первинні засоби пожежогасіння, в залежності від категорії приміщень, можуть розташовуватись як окремо, так і в складі пожежних щитів. [B2]

Заходи з пожежної безпеки для приміщення дослідницької лабораторії обладнаного ПК з ВДТ розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». [B14]

Залежно від агрегатного стану й особливостей горіння різних горючих

речовин й матеріалів пожежі згідно ДСТУ EN 2:2014 «Класифікація пожеж (EN 2:1992, EN 2:1992/A1:2004, IDT)» приміщення відноситься до класу можливої пожежі класів – А (пожежа, що супроводжується горінням твердих матеріалів) та Е (пожежі, пов'язані горіння електроустановок, що перебувають під напругою до 1000 В.). [B15]

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною безпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною безпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Производственные здания» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної безпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані. [B15]

Відповідно до категорії виробництва з пожежної безпеки і вимог ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ступінь вогнестійкості приміщення дослідницької лабораторії – II [B15].

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

Приміщення дослідницької лабораторії, в якому розташовуються електрообчислювальні матеріали, різноманітне устаткування, належить до пожежанебезпечної зони, класу II-IIa, тому передбачений мінімальний ступінь захисту ізоляції обладнання IP44.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення (лабораторія) оснащене переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням

гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду. [B16]

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

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на дільниці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3). [B15]

Під час пожежі або стихійного лиха переміщення людей в приміщенні має вирішальне для їх життя значення. При виникненні пожежі на початковій стадії виділяється тепло, токсичні продукти згорання, знижується концентрація кисню у повітрі, можливі обвалення конструкцій. Термін, коли небезпека для людей стає смертельною дуже обмежений і не перевищує 3-4 хвилин. Тому, слід враховувати необхідність евакуації людей у визначені терміни. Показником ефективності евакуації є час, потягом котрого люди можуть при необхідності залишити окремі приміщення і будівлю загалом.

Безпека евакуації досягається тоді, коли тривалість евакуації людей в окремих приміщеннях і будівлях загалом не перевищує критичної тривалості пожежі, яка становить небезпеку для людей. Критичною тривалістю пожежі є час досягнення при пожежі небезпечних для людини температур і зменшення вмісту кисню у повітрі. [B2]

Основним критерієм переміщення людей при евакуації є ступінь свободи під час руху, яка, в свою чергу, залежить від кількості осіб, що переміщуються одночасно, від габаритів людини (антропометричних характеристик людини, виду одягу, наявності вантажу, його габаритів та маси), нервово-емоційного стану людей, конфігурації та площі приміщення. На швидкість евакуації також впливає ступінь свободи переміщення людей відносно один одного. Дослідження показали, що щільність розміщення людей під час руху може змінюватись в широкому інтервалі: від нуля до $1,14 - 1,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$. При щільності до $0,05 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ людина має повну свободу, як по швидкості руху, так і в напрямку. При щільності до $0,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ – вже не можливо вільно змінювати напрямок свого переміщення та необхідно враховувати швидкість переміщення оточуючих людей. При щільності понад $0,15 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ – вже не можливо йти вільно, а при щільності понад $1 \text{ м}^2 / \text{м}^2$ – спостерігається силовий тиск однієї людини на іншу, частина людей може не торкатися ногами підлоги, їх може знести основним потоком людей, є ймовірність отримання травм під час руху. Конкретне значення щільності руху при розробці схем евакуації залежить від призначення приміщення, економічних можливостей організації, але його значення повинно бути менше критичного з точки зору безпеки і не перевищувати $0,92 \text{ м}^2 / \text{м}^2$. Швидкість руху по сходах донизу в окремих випадках може бути вищою ніж по горизонталі (людина витрачає менше енергії, а сходи визначають загальний темп руху). Але, у випадку коли людина перестає бачити підлогу, боїться впасти, панікує швидкість суттєво зменшується. [B1]

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та

пожежною небезпекою», ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги» и проектуванні приміщення повинні бути передбачені заходи щодо забезпечення безпеки під час пожежі. [33, 34, 39]

Всі шляхи евакуації повинні бути забезпечені природним та штучним освітленням, яке повинно працювати як від звичайної електромережі так і від мережі аварійного живлення (ДБН В. 2. 5. – 28– 2018 «Природне і штучне освітлення»). [B11]

Згідно вимог НАПБ А.01.001-14 «Правил пожежної безпеки в Україні» в усіх закладах та установах повинні бути передбачені евакуаційні виходи.

Виходи вважаються евакуаційними, якщо вони ведуть:

- приміщень першого поверху назовні безпосередньо або через коридор, вестибюль, сходову клітку;
- з приміщень будь-якого поверху, крім першого, в коридори, що ведуть на сходову клітку, яка має вихід назовні;
- з приміщень в сусіднє приміщення на цьому ж поверсі, забезпечене виходами, вказаними вище.

Евакуаційні виходи повинні розташовуватись розосереджено. Їх кількість повинна бути не менше двох. Евакуаційні виходи, коридори, сходи не повинні заставлятися будь-якими предметами і обладнанням. Враховуючи, що при евакуації в одному напрямку переміщується значна кількість людей, то згідно НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні» висота походу повинна бути не менше 2метрів, мінімальна ширина шляхів евакуації повинна бути не менше 1 метра, дверей - не менше 0.8метра. Двері на шляху евакуації повинні відчинятися в напрямку виходу з будівель. При наявності людей у приміщенні двері евакуаційних виходів можуть замикатись лише на внутрішні запори (засувки,крючки тощо), котрі легко відмикаються (СНиП 2.01.02-85. «Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений», ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту»). Відстань від

найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу із приміщення безпосередньо назовні або на сходову клітину не повинна перевищувати значень зазначених в СНиП 2.09.02-85. Для забезпечення організованого руху під час евакуації та попередження паніки технічні рішення повинні бути доповнені організаційними заходами, до яких, передусім, належать інструктаж та навчання персоналу. З цією ж метою розробляють плани евакуації з будівель та місць масового перебування людей. [B14]

План евакуації складається з двох частин: графічної і текстової. Графічна частина являє собою план поверху або приміщення, на який нанесено пронумеровані евакуаційні шляхи і виходи з маршрутами руху. Маршрути руху до основних евакуаційних виходів зображуються суцільними лініями зі стрілками зеленого кольору, маршрути до запасних виходів – пунктирними зеленими лініями зі стрілками. Окрім маршруту руху на плані позначаються місця розташування засобів оповіщення та пожежогасіння.

Текстова частина плану евакуації, яка являє собою таблицю з переліком та послідовністю дій у разі пожежі для конкретних посадових осіб і працівників, затверджується керівником об'єкту. План евакуації вивішується на видному місці, а його положення повинні систематично відпрацьовуватись на практиці. [B14]

Дуже важливо для безпеки людей створити поти димний захист приміщення і особливо шляхів евакуації. Протидимний захист забезпечується обмеженням розповсюдження продуктів горіння в будівлях та приміщеннях, ізоляцією можливих місць виникнення пожежі, примусовим видаленням диму. Ці задачі вирішуються за допомогою об'ємно-планувальних та конструктивних рішень при проектуванні об'єктів, деякими технологічними прийомами в процесі будівництва, завдяки використанню спеціальних пристроїв і вентиляційних систем, які призначені для видалення диму, зниження температури і конденсації продуктів горіння. [B2]

Для своєчасного здійснення заходів з евакуації людей, включення стаціонарних установок пожежогасіння, виклику пожежної охорони тощо, вибухопожежонебезпечні об'єкти обладнуються системами пожежної сигналізації, запуск яких може здійснюватись автоматично або вручну.

Надзвичайні ситуації техногенного характеру: аварії та катастрофи.

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

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

Основними виробниками радіоактивних відходів і місцями їх концентрації є: АЕС (накопичено 70 000 м³ радіоактивних відходів); уранодобувна і переробна промисловість (накопичено 65,5 млн. тонн радіоактивних відходів); українське державне об'єднання «Радон» (накопичено 5000 м³/р); зона вітчуждення Чорнобильської АЕС понад 1.1 млрд м³ радіоактивних відходів. [В18]

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

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

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

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

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

Досить критичне становище в країні склалося в комунальному господарстві. Четверта частина водопровідних очисних споруд і систем фактично відпрацювали свій термін експлуатації, 22 % систем перебувають в аварійному стані. Закінчився термін експлуатації кожної п'ятої насосної станції. Планово-попереджувальний ремонт виконується на 73 %. У системах каналізації відпрацювали термін експлуатації 26 % систем і 17 % насосних станцій. [B19]

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

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

Сейсмоактивні зони оточують Україну на південному-заході і півдні. У сейсмологічному відношенні найбільш небезпечними областями в Україні є Закарпатська, Івано-Франківська, Чернівецька, Одеська та АРК. [40]

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

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

Нині в Україні, у зв'язку зі зростанням числа аварій і катастроф, стихійних лих, обстановка характеризується як дуже складна. Про це свідчать статистичні дані по Україні за останні роки. [B19]

Передбачений комплекс заходів з пожежної безпеки і цивільного захисту, щодо навчання працюючого та непрацюючого населення основним нормам поведінки та діям у надзвичайних ситуаціях, підвищує стійкість роботи об'єкта та забезпечує безпеку персоналу в умовах пожеж та інших надзвичайних ситуацій. [B19]

Перелік джерел посилання Додатку В

В1. Юдин, Е.Я. Охрана труда в машиностроении [Текст]: учебник для машиностроительных вузов / С.В. Белов, С.К. Баланцев и др.; под общ. ред. Е.Я. Юдина, С.В. Белова – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983.- 432 с.

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

В3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 зл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-3

В4. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В5. 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.

В6. Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників, затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009|р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

В7. НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці).

В8. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. К. : МОЗ України, 1998. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=2445>. (Державні санітарні правила та норми).

В9. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-

1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці).

В10. 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)

В11. 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>.

В12. 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.

В13. Методичні вказівки до лабораторного заняття «Розрахунок загального рівномірного штучного освітлення виробничих приміщень» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі»: для студентів усіх спеціальностей та форм навчання /Укл. : В.І. Шмирко, О.В. Коробко, Ю.І. Троян. – Запоріжжя: каф. ОПіНС. НУ «Запорізька політехніка», 2020. – 36с., 3 рис., 12 табл.

В14. НПАОП 0.00-1.71-13 «Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями» Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 року № 966

В15. 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)

В16. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. К. : Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Державний Стандарт України)

В17. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT) [Текст] : ДСТУ EN 2:2014. – На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016 / Мінекономрозвитку України, 2014. – 7 с. (Державний Стандарт України)

В18. 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)

В19. Шоботов В. М. Цивільна оборона : навчальний посібник вид. 2-ге, перероб. Київ : Центр навчальної літератури, 2006. 438 с