

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему Вплив конструктивних особливостей деталі «Вал вільної турбіни»
на технологію її виготовлення

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

Спеціальності Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Філь Н.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кондратюк Е.В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Явтушенко А.В.
(прізвище та ініціали)

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« _____ » _____ 20__ року

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

Філь Наталія Вікторівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Вплив конструктивних особливостей деталі «Вал вільної турбіни» на технологію її виготовлення

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від _____ «03» 12 2020 року №369

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) _____

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення деталі «Вал вільної турбіни»

Річна програма випуску деталей N=100шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1 Технологічна частина; 2 Конструкторська частина; 3 Автоматизація; 4 Розрахунок деталі на міцність за допомогою пакету NX; 5 Спеціальне завдання; 6 Оцінка очікуваної ефективності розробки або заходів; 7 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Креслення деталі, заготовки, зображення 3Д-моделей деталі та заготовок, маршрут виготовлення деталі, графічне зображення операцій ЧПК в NX, лист автоматизації, креслення робочого та контрольного пристосувань, зображення результатів розрахунку напружено деформованого стану, графічне зображення спеціального завдання

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-6	Доцент Кондратюк Е.В.		
7	Доцент Шмирко В.І.		
Нормоконтроль	Доцент Степанов Д.М.		

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	20.09.20	
2	Конструкторська частина	29.09.20	
3	Автоматизація	05.10.20	
4	Розрахунок на міцність	10.10.20	
5	Спеціальне завдання	15.11.20	
6	Оцінка економічної ефективності	20.11.20	
7	Охорона праці	23.11.20	
8	Оформлення пояснювальної записки	25.11.20	
9	Нормоконтроль та рецензія	05.12.20	

Студент(ка)

_____ **Філь Н.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ **Кондратюк Е.В.**
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 111 с., 45 рисунків, 8 таблиць, 3 додатків, 17 посилань.

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

Об'єкт дослідження – вал вільної турбіни.

Мета магістерської роботи – проектування технологічного процесу з врахуванням особливостей конструкції валу вільної турбіни; впровадження прогресивних технологій що враховують особливості геометрії деталі щодо забезпечення якісних та міцностних характеристик.

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

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення валу вільної турбіни, обрано металообробні верстати, основний та допоміжний інструмент, розраховані режими різання, виконано нормування технологічних операцій, спроектовано конструкції робочого та контрольного пристосувань, виконано розрахунок напружено-деформованого стану деталі за допомогою спеціального комп'ютерного забезпечення, запропоновані рекомендації щодо застосування засобів автоматичного контролю, досліджено особливості обробки отворів малого діаметру, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	10
Вступ	11
1 Технологічна частина	12
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	12
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	13
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	14
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	19
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	19
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	21
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	26
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	26
1.6 Розрахунок режимів різання	34
1.7 Розрахунок технічної норми часу	48
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК	55
1.8.1 Розробка токарної операції	55
1.8.2 Розробка свердлильної операції	57
1.8.3 Розробка фрезерної операції	58
2 Конструкторська частина	61
2.1 Проектування робочого пристосування	61
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	61
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	62
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	63
2.2 Проектування контрольного пристосування	67
3 Автоматизація. Засоби автоматизованого контролю розмірів	70
4 Розрахунок на міцність. Визначення напружено-деформованого стану деталі	77

5	Спеціальне завдання Сучасні технології обробки отворів малого діаметру	80
6	Оцінка очікуваної ефективності розробки	91
7	Охорона праці	93
	Висновок	95
	Перелік джерел посилання	96
	Додаток А. Специфікація робочого пристосування	98
	Додаток Б. Специфікація контрольного пристосування	100
	Додаток В. Охорона праці продовження	103

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ГКМ	Горизонтальна кувальна машина
ДБН	Державні будівельні норми
ДСН	Державні санітарні норми
ДСТУ	Державний стандарт
МВД	Маршрут виготовлення деталі
МОП	Маршрут обробки поверхні
НАПБ	Національна агенція пожежної агенції
НАОП	Національна агенція охорони праці
НДС	Напружено деформований стан
ПУЕ	Правило устрою електроустановок
ЦНС	Центральна нервова система
ЧПК	Числове програмне керування

ВСТУП

Зростаюча конкуренція в сфері машинобудування, а також постійне підвищення вартості витратних матеріалів, вимагають удосконалення конструкцій деталей і вузлів виробів, з метою поліпшення їх якісних характеристик і зниження витрат на їх виготовлення.

Успішна реалізація конструктивних рішень більшою мірою визначається технологією. Проектовані технологічні процеси повинні забезпечувати підвищення продуктивності праці і якості виробів з тенденцією зниження виробничих витрат.

Вирішення цих завдань багато в чому залежить від раціональної побудови процесу обробки, використаного устаткування, інструменту та оснастки, а також обґрунтованого призначення припусків на обробку і допусків операційних розмірів.

Відповідно до загальних правил розробки технологічних процесів комплексу завдань розмірного аналізу передують такі найважливіші етапи, як вибір виду вихідної заготовки, методу її виготовлення і технологічних баз, розробка варіанту технологічного маршруту обробки, а також вибір засобів технологічного оснащення.

В даному дипломному проєкті розглядаються всі перераховані вище завдання, які стоять перед сучасним технологом, а також запропоновано шляхи і методи їх вирішення.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Вал вільної турбіни - деталь двигуна, що призначена для передачі обертаючого моменту між валами. Для цього в конструкції деталі передбачені шліці (рис. 1.1). Більшість валів - це деталі механізмів, які обертаються, на них зазвичай закріплюються деталі, що безпосередньо беруть участь в передачі моменту (зубчасті колеса, шків, зірочки ланцюгових передач і тому подібне). З креслення видно, що усі поверхні деталі піддаються механічній обробці.

Деталь має основну вісь симетрії. На зовнішній циліндричній поверхні деталь має шліці. На фланці валу деталь має шість отворів (рис. 1.1) призначених для прикріплення до іншої деталі. Внаслідок великої довжини деталь знаходиться під дією різних температурних напружень. Конструкцією деталі (рис. 1.1) закладена велика кількість конструктивних концентраторів напружень. Серед яких можна зазначити шліці, отвори, переходи між двома діаметрами, конусні та циліндричні поверхні, елементи деталі з тонкою стінкою.

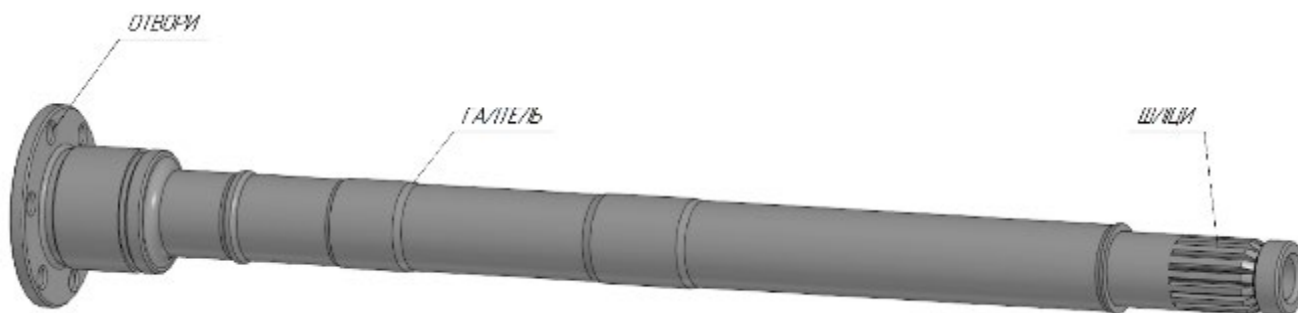


Рисунок 1.1 – Тривимірний модель валу вільної турбіни

Хімічний склад та фізичні властивості матеріалу показані в табл. 1.1 – 1.2

ТУ 14 – 1- 2756 – 79

Таблиця 1.1 – Хімічний склад матеріалу 15X16K5H2MBФAB-III ТУ 14 – 1-2756 – 79

Сталь	Масова доля, %										
	C	Co	Mo	Nb	Cr	V	N	Ni	P	S	Fe
15X16K5H2MBФAB-III	0,14 – 0,16	4,8 – 5,2	Не более 0,6	Не более 0,3	15 – 17	Не более 0,7	Не более 0,4	1,9 – 2,2	Не более 0,035	Не более 0,03	Осн.

Таблиця 1.2 – Фізичні властивості матеріалу 15X16K5H2MBФAB-III ТУ 14 – 1-2756 – 79

T	E 10 ⁻⁵	a 10 ⁶	l	r	C	R 10 ⁹
Град	МПа	1/Град	Вт/(м·град)	кг/м ³	Дж/(кг·град)	Ом·м
20	2.16	10	24	7850	477	

Термічна обробка виконується за технічними умовами ТУ14-1-2756-79, до неї відноситься нормалізація при 1090±15°C, відпуск при 650-700°C, загартування с 1100±15°C в мастилi, відпуск при 650-700°C.

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Вихідні дані:

річна програма випуску..... $N = 100,00$ шт.

маса деталі..... $q = 1,04$ кг

Тип виробництва визначаємо на основі норми виробництва та ваги деталі попередньо виходячи з зазначених параметрів призначаємо дрібносерійний тип виоробництва [1].

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

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

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

Φ – кількість робочих днів на рік (251 днів).

$$n = \frac{2 \cdot 100,00}{251} = 1 \text{ шт.}$$

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

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

Щодо валу вільної турбіни, раціональним методом отримання заготовки буде прокат або штамповка.

Попередньо визначаємо розміри заготовки рисунок 1.2 [1, табл 1.2 стор. 11].

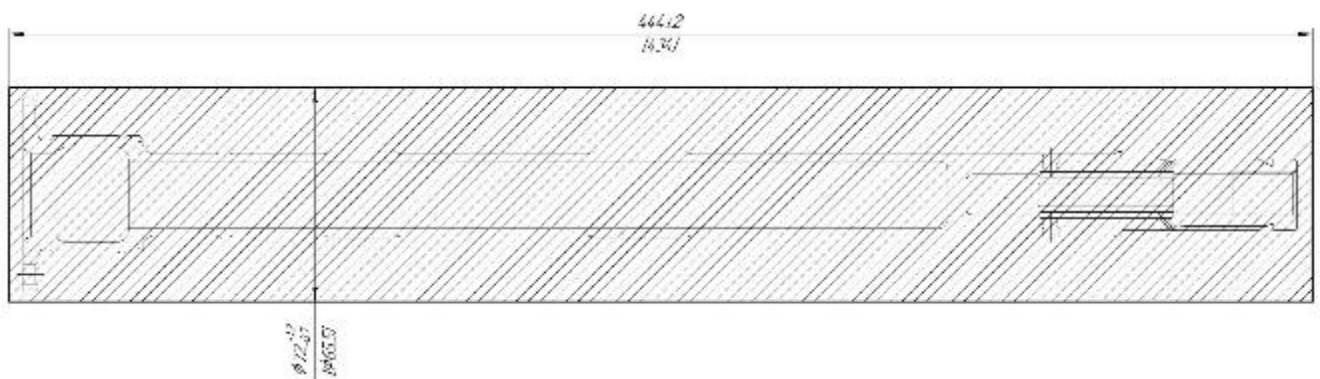


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки, що отримана з круглого прокату

Собівартість виготовлення визначається за формулою [1]:

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

де C_B -базова собівартість 1т заготовки, $C_B=8000$ гр/т;

Q -маса заготовки, $Q=14,51$ кг;

q -маса деталі, $q=1,041$ кг;

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

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

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

K_{II} - показник, що визначає програму випуску $K_{II}=0,5$, [1, табл. 1.9, с.15];

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

$$C_1 = \frac{8000}{1000} \times 14,51 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (14,51 - 1,041) \times \frac{1400}{1000} = 120,45 \text{ грн}$$



Рисунок 1.3 – Тривимірна модель заготовки, що отримана з круглого прокату

Визначимо показник використання матеріалу за формулою (1.3) [1]:

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

$$K_{BM} = \frac{1,041}{14,51} = 0,07$$

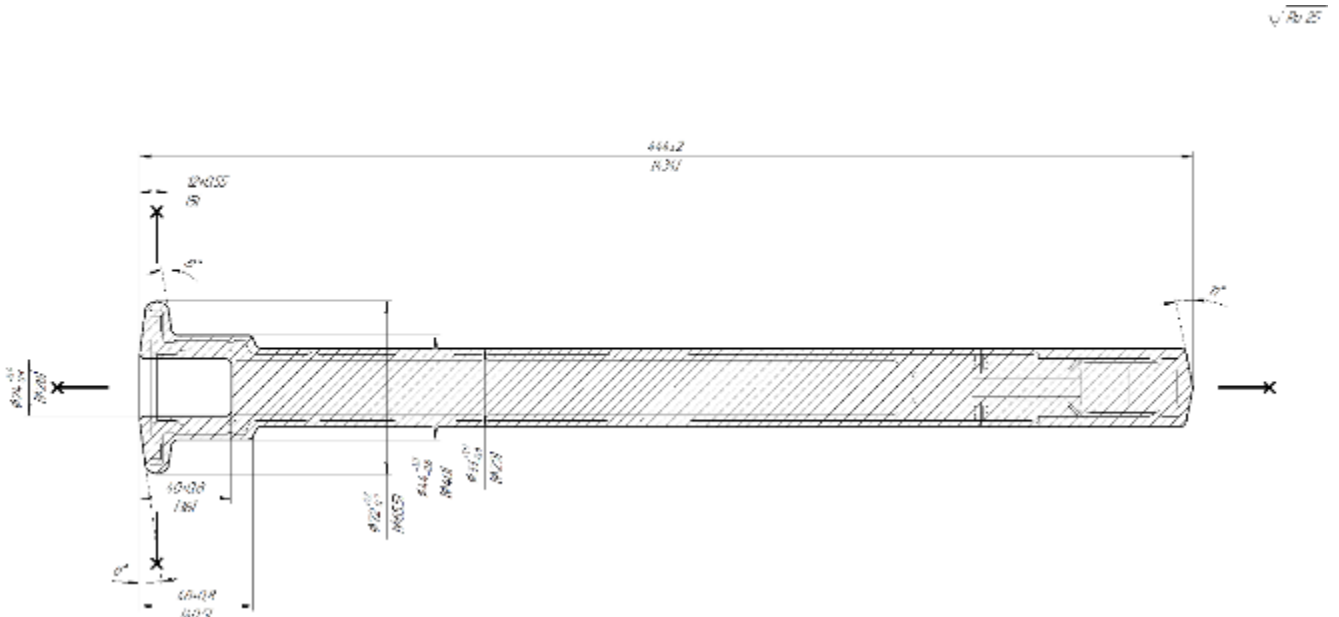


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

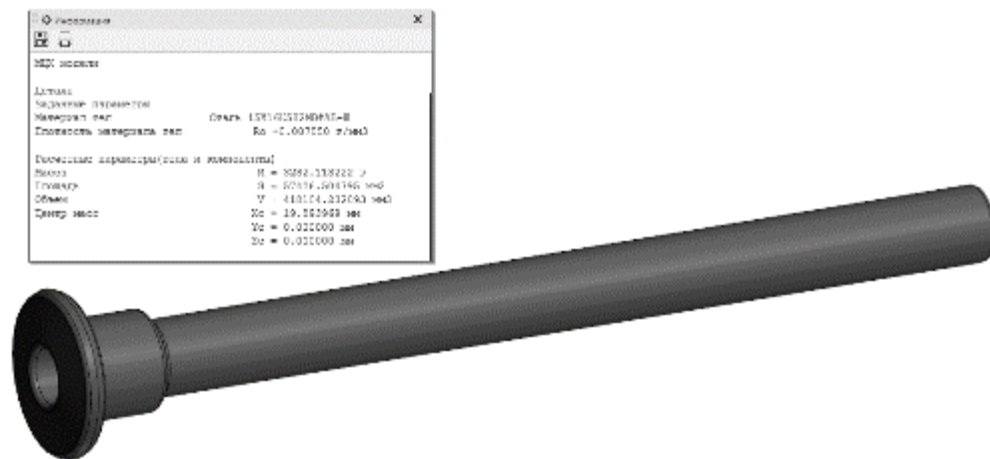


Рисунок 1.5 – Тривимірна модель заготовки, що отримана штамповкою на ГKM

Собівартість виготовлення визначається за формулою (1.2) [1]:

$$C_2 = \frac{12000}{1000} \times 3,28 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (3,28 - 1,041) \times \frac{1400}{1000} = 44,1 \text{ грн}$$

де $K_B=1$, [1, табл. 1.8, с.14]; $K_M=2,5$, [1, табл. 1.7, с.14]; $K_P=0,5$, [1, табл. 1.9, с.15];
 $K_T=1$, [1, табл. 1.6, с.14]; $C_6=12000 \text{ грн/т}$; $q=1,041 \text{ кг}$; $Q=3,28 \text{ кг}$; $S_{\text{відх}}=1400 \text{ грн/т}$.

Визначимо показник використання матеріалу за формулою (1.3) [1]:

$$K_{BM} = \frac{1,041}{3,28} = 0,32$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-му варіанті $C_1=120,45 \text{ грн}$; в 2-му варіанті $C_2= 44,1 \text{ грн}$; $C_1 > C_2$; $K_{BM1} < K_{BM2}$. Результати розрахунків показані в табл. 1.3.

Таблиця 1.3 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Круглий прокат	ГКМ
Маса деталі	q	кг	1,041	1,041
Маса заготовки	Q	кг	14,51	3,28
Показник використання матеріала	K_{BM}	—	0,07	0,32
Базова ціна 1т заготовок	B_6	Грн.	8000	12000
Показники	K_B		1	1
	K_M		2.4	2.5
	K_P		1	1
	K_T		0.5	0.5
Ціна 1т стружки	$B_{отх.}$	грн.	1400	1400
Вартість заготовки	B	грн.	120,45	44,1

За значенням показника використання матеріалу та собівартістю переважає ГKM. Він забезпечує річну економію за собівартістю та визначається за формулою (1.4) [1]:

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

де N – річна програма виготовлення заготовок

$$\mathcal{E} = (120,45 - 44,1) \cdot 100,00 = 7635,00 \text{грн.}$$

Річна економія за використанням матеріалу визначається за формулою (1.5) [1]:

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

$$M_{\mathcal{E}} = \frac{1,041 \cdot (0,32 - 0,07)}{0,32 \cdot 0,07} \cdot 100,00 = 1161,83 \text{кг.}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

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

Попередню оцінку виконуємо на основі аналізу якісних показників за ГОСТ 14.201-83: деталь має геометричну форму великої складності; деталь має не жорстку конструкцію; деталь нормальної точності; уніфіковані елементи: радіусу і фаски, виконані з урахуванням можливості обробки; деталь можна обробляти звичайним інструментом; всі поверхні доступні для обробки; обробка може виконуватися на універсальному обладнанні.

В результаті за якісними показниками деталь є нетехнологічною, що для авіаційних деталей є типовим.

Кількісні показники технологічності [1].

Показник використання матеріалу за формулою (1.3):

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

$$K_{BM} = 0,32 < 0,8$$

По цьому показнику деталь не технологічна.

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

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

де $Q_{y.e.}$, Q_e – відповідно кількість уніфікованих елементів та загальна кількість елементів.

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

За цим показником деталь технологічна.

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

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

де A_{cp} – середній квалітет точності.

Визначається за формулою:

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

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

$\sum n$ – кількість усіх розмірів.

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

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

За цим показником деталь технологічна.

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

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

де B_{cp} – середній квалітет шорсткості.

Визначається за формулою (1.10) [1]:

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

де $K_{5...8}$ - клас шорсткості;

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

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

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

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

МОП проектуємо для зовнішньої та внутрішніх циліндричних поверхонь.

Для поверхні Ø24,3h6 шорсткість заготовки $R_a=25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,6$ мм, шорсткість деталі $R_a=0,8$ мкм, допуск $Td = 0,013$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності ε_d та шорсткості R_{a_d} за формулами (1.11), (1.12) [8]:

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

де Td_3 , Td_d – допуски на заготовку та деталь відповідно.

$$\varepsilon_d = \frac{1,6}{0,013} = 123,1$$

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

де Ra_3 , Ra_d – шорсткість на заготовку та деталь відповідно.

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

Кількість переходів визначаємо за показником точності геометричного розміру. За цим показником розраховуємо k переходів визначаємо за формулою (1.13) [8]:

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

$$k = 2 \cdot \lg 123,1 = 4,18$$

Приймаємо $k = 5$

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

Встановлюємо послідовність показників точності: IT16-IT13-IT10-IT8- IT7-IT6

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

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) [8]:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,6}{0,81} = 1,97$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само. Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.4.

Для поверхні Ø28H11 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [1, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,3$ мм, шорсткість деталі $R_a = 6,3$ мкм, допуск $Td = 0,13$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.11), (1.12) [8]:

$$\varepsilon_d = \frac{1,3}{0,13} = 10$$

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

Кількість переходів визначаємо за показником точності геометричного розміру. За цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.13) [8]:

$$k = 2 \cdot \lg 10 = 2$$

Приймаємо $k = 2$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT=IT16-IT11=5=3+2$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT16-IT13-IT11$.

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

За [1, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами та заносимо в таблицю 1.4. Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового за формулами (1.11), (1.12) [8]:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,3}{0,62} = 2,1$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.4.

1.4.3 План виготовлення деталі.

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, в якому на основі компоновки раніше розроблених МОП встановлено склад та послідовність операцій технологічного процесу, вказані тип та модель верстату, встановлені технологічні комплекси, розроблені схеми установів, надані вхідні та вихідні характеристики оброблюємих поверхонь тощо.

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

Етапний маршрут виготовлення валу вільної турбіни:

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 валу вільної турбіни показана на кресленні НУЗП 715003.013.

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 24,3h6(-0,013)$

Для заготовки нормативні значення $Rz=100\text{мкм}$ и $h=140\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки [8].

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

Сумарне значення просторових відхилень визначаємо за формулою (1.14) [8]:

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

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

Отримані значення заносимо в таблицю 1.5.

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

Похибки установки заготовки визначаємо за формулою (1.15) [8]:

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

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

$$\varepsilon_2 = 0,25 \sqrt{2,6^2 + 1} = 0,696\text{мм} = 696\text{мкм}$$

Для точіння напівчистового нормативні значення Rz , h , приймаймо [2]: $Rz_3=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3=1,5\text{мкм}$, $\varepsilon_3=41,76\text{мкм}$.

Для точення чистового нормативні значення Rz , h , приймаємо [2]: $Rz_4=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4=0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,1\text{мкм}$.

Для шліфування чорнового нормативні значення Rz , h , приймаємо [2]: $Rz_3=5\text{мкм}$, $h_3=5\text{мкм}$, $\rho_3=0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=0\text{мкм}$.

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

Для точіння чорнового:

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

Для точіння напівчистового:

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

Для точіння чистового:

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

Для шліфування чорнового:

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

Для шліфування напівчорнового:

$$2Z_{5\min} = 2[2,5 + 2,5 + \sqrt{(0^2 + 0^2)}] = 10\text{мкм} = 0,01\text{мм}$$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.16) [8]:

$$d_6^{\min} = d_6^{\text{ном}} + \text{eid}_6 = 24,3 + (-0,013) = 24,287\text{мм} \quad (1.16)$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.17) [8]:

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

$$d_5^{\min} = 24,287 + 0,01 = 24,297\text{мм};$$

$$d_4^{\min} = 24,297 + 0,02 = 24,317\text{мм};$$

$$d_3^{\min} = 24,317 + 0,045 = 24,362\text{мм};$$

$$d_2^{\min} = 24,362 + 0,203 = 24,565\text{мм};$$

$$d_1^{\min} = 24,565 + 1,914 = 26,479\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою (1.18) [8]:

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

$$d_6^{\max} = 24,287 + 0,013 = 24,3\text{мм};$$

$$d_5^{\max} = 24,297 + 0,021 = 24,318\text{мм};$$

$$d_4^{\max} = 24,317 + 0,033 = 24,35\text{мм};$$

$$d_3^{\max} = 24,362 + 0,084 = 24,446\text{мм};$$

$$d_2^{\max} = 24,565 + 0,33 = 24,895\text{мм};$$

$$d_1^{\max} = 26,479 + 1,6 = 28,079\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.19) [8]:

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

$$2z_2^{\max} = 28,079 - 24,895 = 3,184\text{мм};$$

$$2z_3^{\max} = 24,895 - 24,446 = 0,449\text{мм};$$

$$2z_4^{\max} = 24,446 - 24,35 = 0,096\text{мм};$$

$$2z_5^{\max} = 24,35 - 24,318 = 0,032\text{мм};$$

$$2z_6^{\max} = 24,318 - 24,3 = 0,018\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи наступну рівність за формулою (1.20) [8]:

$$\begin{aligned} 2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} &= Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \\ 3792 - 2179 &= 1600 + 13 \end{aligned} \quad (1.20)$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою (1.21) [8]:

$$\begin{aligned} d_{1\text{ном}} &= d_{1\text{мін}} + ei_1 \\ d_{1\text{ном}} &= 26,479 + 0,5 = 26,98\text{мм} \end{aligned} \quad (1.21)$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 26,98_{-1,1}^{+0,5}$ виконавчі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «валу», за номінальний розмір приймаємо максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Розрахунок технологічних розмірів на поверхню $\varnothing 28\text{H}11$ виконується методом розмірних ланцюгів.

Розрахунок виконуємо табличним методом. За [3, табл. 27, с. 186] знаходимо мінімальні припуски механічної обробки:

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

Розточування напівчистове $2Z_{3\text{мін}}=0,45\text{мм};$

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.22) [8]:

$$d_4^{\min} = d_4^{\text{ном}} + eid_4 = 28 + 0 = 28\text{мм} \quad (1.22)$$

Далі розраховуємо мінімальні розміри знаходимо за формулою (1.23) [8]:

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

$$d_3^{min} = 28 - 0,45 - 0,62 = 26,93\text{мм};$$

$$d_1^{min} = 26,93 - 1,5 - 1,3 = 24,13\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів за формулою (1.24) [8]:

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

$$d_1^{max} = 24,13 + 1,3 = 25,43\text{мм};$$

$$d_3^{max} = 26,93 + 0,62 = 27,55\text{мм};$$

$$d_4^{max} = 28 + 0,13 = 28,13\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.25) [8]:

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

$$2Z_{min1} = 27,55 - 24,13 = 3,42\text{мм};$$

$$2Z_{min3} = 28,13 - 26,93 = 1,2\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, за формулою (1.26) [8]:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.26)$$

$$4 - 2,57 = 1,3 + 0,13$$

Виконавчий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 25_{-0,9}^{+0,4}$ виконавчі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «отвору», за номінальний розмір приймаємо мінімальне значення розміру поверхні плюс допуск на обробку як верхнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок припусків

№-Р-р поверхні	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, $\mu\text{м}$	Макс. розмір, $\mu\text{м}$	Міним. розмір, $\mu\text{м}$	Припуск на обробку, $\mu\text{м}$		Виконавчий розмір, $\mu\text{м}$
		Rz	h	p	e	Мін. припуск, $\mu\text{м}$	Розмір, $\mu\text{м}$				мкм		
											2Z _{max}	2Z _{min}	
Ø24,3h6	Заготовка	100	140	500	-	-	26,479	1,6	28,079	26,479	-	-	Ø26,98 ^{+0,5} _{-1,1}
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	30	696	1914	24,565	0,33	24,895	24,565	3184	1914	Ø24,9 _{-0,33}
	Точ.Чист.	25	25	1,5	41,76	203	24,362	0,084	24,446	24,362	449	203	Ø24,5 _{-0,084}
	Точ.чист	10	10	0	2,1	45	24,317	0,033	24,35	24,317	96	45	Ø24,35 _{-0,033}
	Шліф.Чорн.	5	5	0	0	20	24,297	0,021	24,318	24,297	32	20	Ø24,32 _{-0,021}
	Шліф.Чорн.	2,5	2,5	0	0	10	24,287	0,013	24,3	24,287	18	10	Ø24,3 _{-0,013}
Ø28H11	Заготовка	-				-	24,13	1,3	25,43	24,13	-	-	Ø25 _{-0,9} ^{+0,4}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Розточ.чорн.					1500	26,93	0,62	27,55	26,93	3420	1500	Ø27,6 _{-1,5}
	Розточ.чист.					450	28	0,13	28,13	28	1200	450	Ø28 _{-0,13}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – жароміцна сталь 15Х16К5Н2МВФАБ-Ш

Операція 015 Токарна з ЧПК

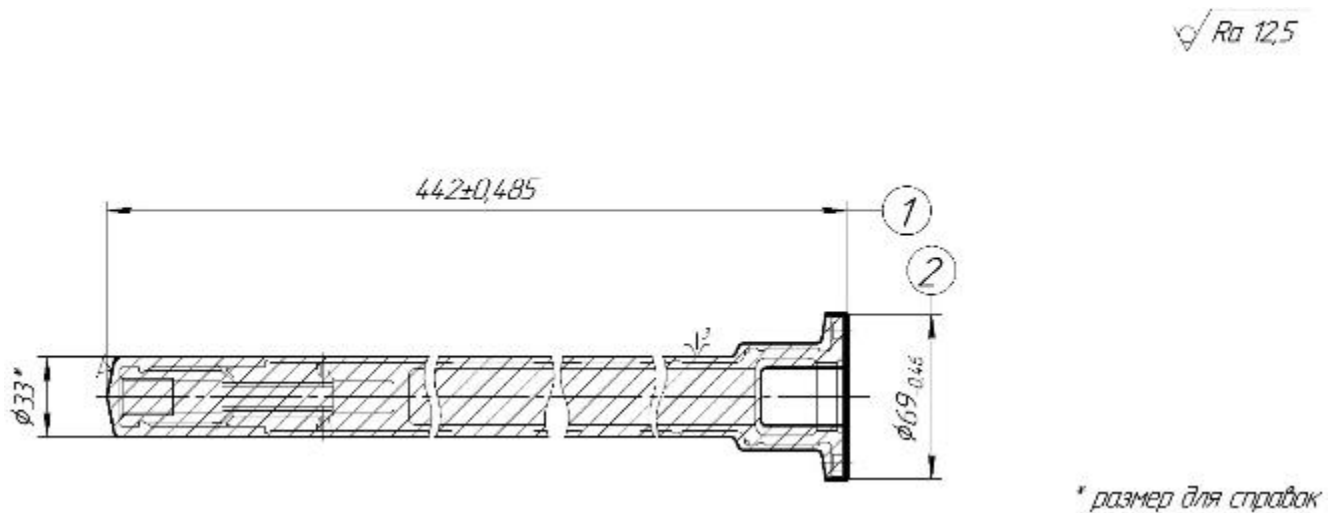


Рисунок 1.6 – Ескіз операції №015 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр 2М12СН1.
Заготовка затискається в трьох кулачковому патроні.

Точити поверхні 1,2

Інструмент – різець контурний з пластиною з твердого сплаву Т5К10

Глибина різання $t_1 = 1,0$ мм

Подача визначається за формулою (1.27) [13]:

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

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

де $S_{o_T} = 0,2$ мм/об [13, т.26, стр. 237];

$K_{S_{II}}$ – показник, що визначає стан обраблюваної поверхні, $K_{S_{II}} = 1,0$ [13];

$K_{S_{II}}$ – показник, що визначає матеріал інструменту, $K_{S_{II}} = 1,0$ [13];

$K_{S_{\phi}}$ – показник, що визначає форму обраблюваної поверхні, $K_{S_{\phi}} = 0,7$ [13];

K_{S3} – показник, що визначає вплив закалки, $K_{S3}=0,8$ [13] ;

$K_{SЖ}$ – показник, що визначає жорсткість технологічної системи, $K_{SЖ}=0,83$ [13];

K_{SM} – показник, що визначає матеріал обраблюємої поверхні, $K_{SM}=1,0$ [13].

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

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

Визначаємо швидкість різання за формулою (1.29) [13]:

$$V = V_T \times K_V \quad (1.29)$$

$$K_V = K_{VM} \times K_{VI} \times K_{V\Phi} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{V\Pi} \times K_{VO} \quad (1.30)$$

де, V_T – табличне значення швидкості різання, $V_T=144 \text{ м/хв}$, [13, т.36, стр. 243];

K_V – узагальнений швидкісний показник [13];

K_{Vm} – показник обробляемого матеріалу, $K_{Vm}=0,8$ [13];

K_{VI} – показник, що визначає вплив матеріалу інструменту, $K_{VI}=1,0$ [13];

$K_{V\Phi}$ – показник, що визначає вплив головного куту в плані, $K_{V\Phi}=1,0$ [13];

K_{VT} – показник, що визначає вид обробки, $K_{VT}=0,85$ [13];

$K_{VЖ}$ – показник, що визначає жорсткість технологічної системи, $K_{VЖ}=0,82$ [13];

$K_{V\Pi}$ – показник, що визначає стан обраблюємої поверхні, $K_{V\Pi}=1,0$ [13];

K_{VO} – показник, що визначає вплив ЗОР, $K_{VO}=1,0$ [13].

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

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

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

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

де, V - швидкість різання, м/хв [13];

D - діаметр обробки, мм [13];

$$n = \frac{1000 \times 80,64}{3,14 \times 69} = 372,2 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо за паспортом верстату $n=400 \text{ хв}^{-1}$

Дійсна швидкість різання [13]:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot V}{1000} \quad (1.32)$$

$$V_d = \frac{3,14 \times 400 \times 69}{1000} = 86,66 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання за формулою (1.33) [13]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (1.33)$$

де, C_p – показник, що визначає 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 показник, що визначає фактичні умови різання визначаємо за формулою (1.34) [13].

$$K_p = k_{mv} \cdot k_{qv} \cdot k_{yv} \cdot k_{lv} \cdot k_{rv}, \quad (1.34)$$

де, k_{mv} - поправочний показник, що визначає вплив якості оброблююмого матеріалу, який визначається за формулою (1.35) [13]:

$$k_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n \quad (1.35)$$

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

$k_{\text{фр}}, k_{\text{γр}}, k_{\text{λр}}, k_{\text{гр}}$ - поправочні показники, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{\text{фр}}=1,08$, $k_{\text{γр}}=1,15$, $k_{\text{λр}}=1,0$, $k_{\text{гр}}=0,93$, [2, т. 23, стр.275]

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

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,0^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 86,66^0 \times 1,51 = 547,78 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.36) [13]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.36)$$

де P_z - сила різання Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{547,78 \times 86,66}{1020 \times 60} = 0,77 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата [13]:

$$N = 0,77 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машинний час за формулою (1.37) [13]:

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.37)$$

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

y - величина врізання, мм $y=3$ мм;

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

$$T_0 = \frac{36 + 3 + 3}{400 \times 0,1} = 1,05 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК (080). На рис. 1.7 показано операційний ескіз на фрезерну операцію.

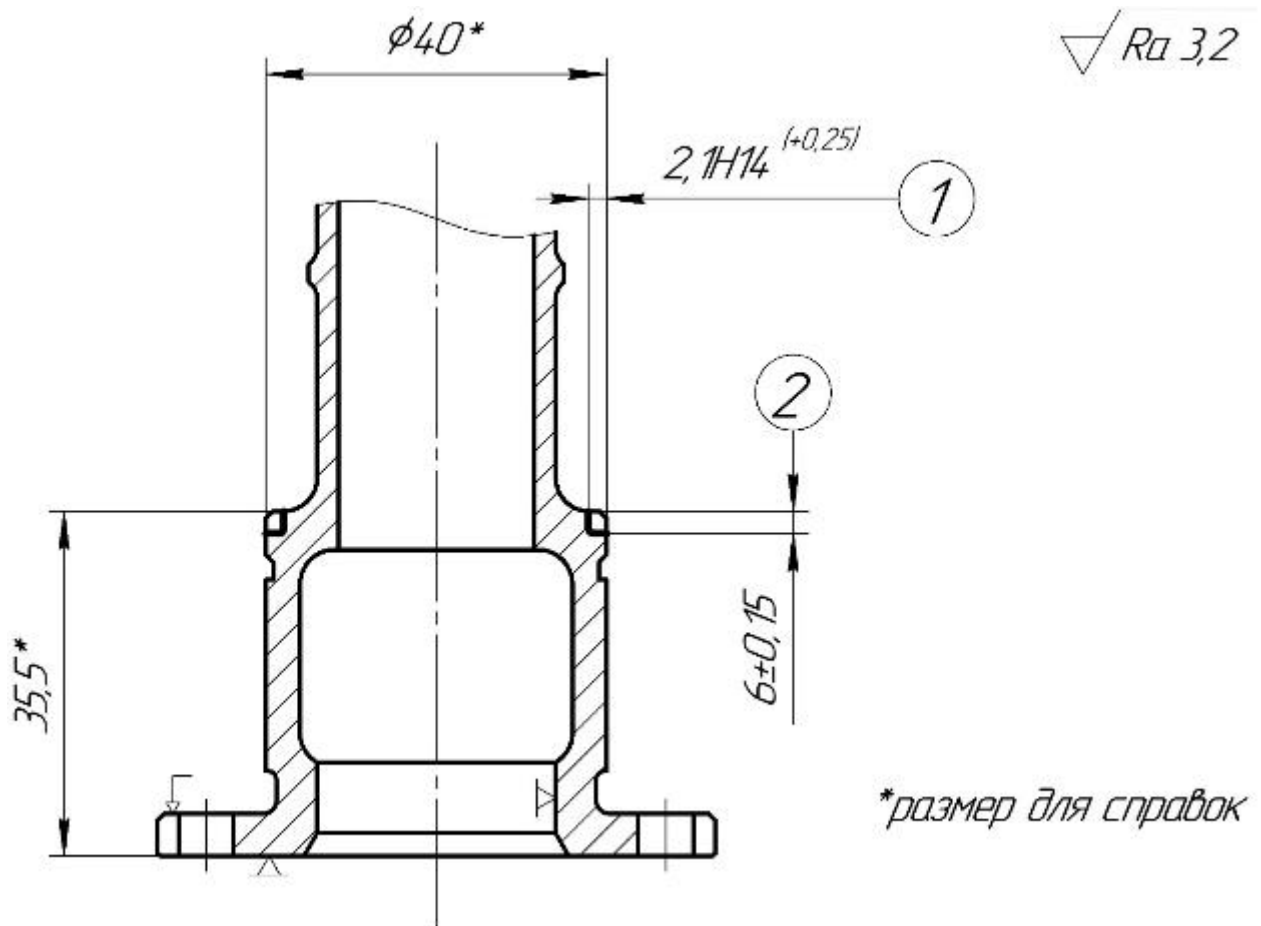


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Верстат: ВС-600 / 600Т

Ріжучий інструмент:

Фреза Т-образна для пазів сегментних шпонок Р18 ГОСТ 7063-72

Визначаємо подачу за формулою (1.38) [13]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.38)$$

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

K_{so} – показник, що визначає ряд конструктивних особливостей технологічної системи визначається за формулою (1.39) [13];

$$K_{S_Z} = K_{S_{ZH}} \cdot K_{S_{Z\Phi}} \cdot K_{S_{ZR}} \quad (1.39)$$

де $K_{S_{ZH}}$ – показник, що визначає матеріал інструменту, $K_{S_{ZH}} = 1$ [13];

$K_{S_{Z\Phi}}$ – показник, що визначає вид оброблюваної поверхні, $K_{S_{Z\Phi}} = 1$ [13];

$K_{S_{ZR}}$ – показник, що визначає клас чистоти, $K_{S_{ZR}} = 0,5$ [13];

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

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.40) [13]:

$$V = V_m \cdot K_V \quad (1.40)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання $V_m = 8,3$ м/хв [13];

K_V – показник, що визначає ряд конкретних умов обробки визначається за формулою (1.41) [13]:

$$K_V = K_{V_M} \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_{\Phi}} \cdot K_{V_B} \quad (1.41)$$

де K_{V_M} – показник, що визначає оброблюваність матеріалу, $K_{V_M} = 0,81$ [13];

K_{V_n} – показник, що визначає стан поверхні, $K_{V_n} = 1$ [13];

K_{V_o} – показник, що визначає умови обробки, $K_{V_o} = 1$ [13];

$K_{V_{\Phi}}$ – показник, що визначає вид обробки, $K_{V_{\Phi}} = 1$ [13];

K_{V_H} – показник, що визначає матеріал інструменту, $K_{V_H} = 1$ [13];

K_{V_B} – показник, що визначає ширину фрезерування, $K_{V_B} = 1$ [13].

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

Обороти визначаємо за формулою (1.31) [13]:

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

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

Знаходимо дійсну швидкість різання (1.32):

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

Хвилинну подачу визначимо по формулі визначається за формулою (1.42) [13]:

$$S_{\text{мин}} = S_Z \times z \times n_D, \text{ мм/хв} \quad (1.42)$$

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

Потужність визначаємо за формулою (1.43) [13]:

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}, \quad (1.43)$$

де $N_H=0,8 \text{ кВт}$ потужність необхідна на різання [13, стор.522, карті 5];

$K_M=1$ – поправочний показник, залежний від оброблюваного матеріалу [13];

$K_W=1,64$ – поправочний показник, залежний від кількості осьових переміщень [13];

$K_K=1,1$ – поправочний показник, залежний від кількості заходів фрези [13];

$K_\beta=1$ – поправочний показник, залежний від кута нахилу зубів коліс [13];

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

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

Визначаємо машинний час за формулою (1.44) [13]:

$$T_o = \frac{l + y}{n \cdot S_o \cdot Z} \quad (1.44)$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=2,1 \text{ мм}$;

y – величина врізання, $\text{мм } y=3 \text{ мм}$ [13];

Z – число зубів фрези, $z=4$ [13].

$$T_o = \frac{2,1 + 3}{220 \times 0,0275 \times 4} = 0,21_{\text{хв}}$$

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (085)

Вихідні дані: Верстат - Круглошліфувальний SHU322

Інструмент – круг шліфувальний 1 300x150x76 24А F120 С2 7 К5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83. Операційний ескіз на шліфувальну операцію показано на рис. 1.8.

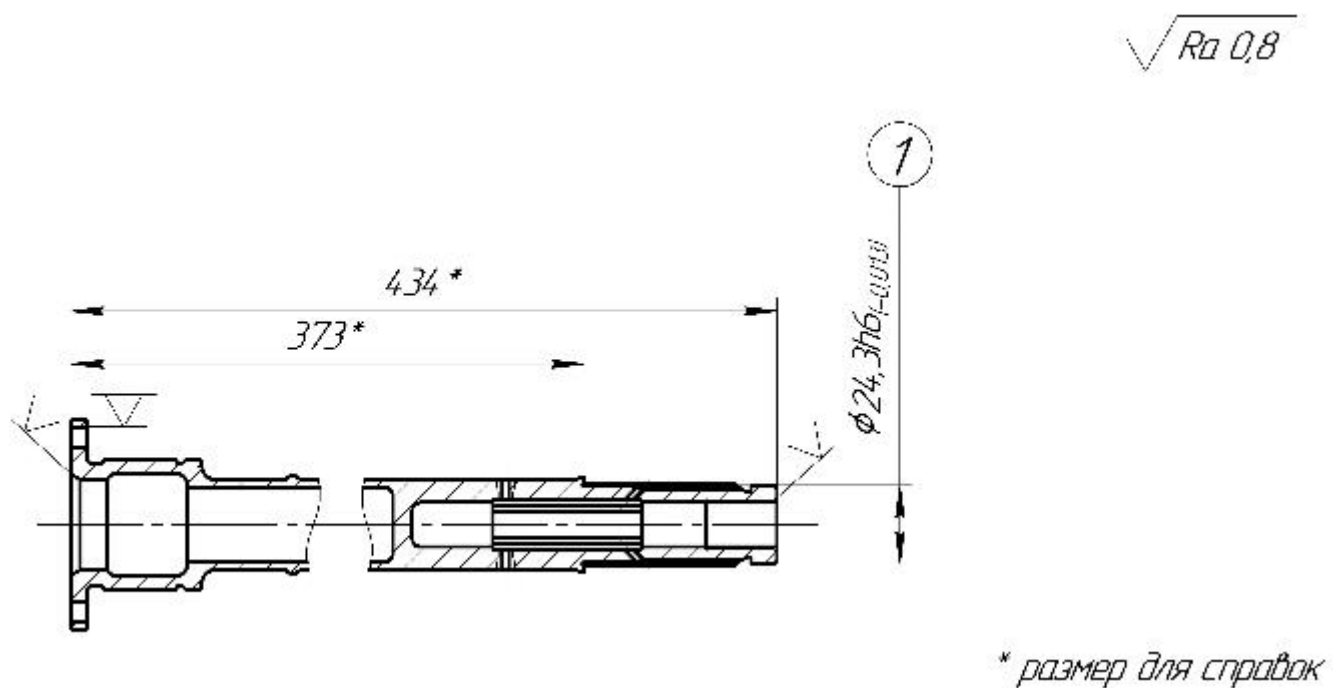


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 85.

Глибина шліфування $t = 0,03\text{мм}$, [13, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$ визначаємо за формулою (1.45) [13]:

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D \times n_{кр}}{1000 \times 60} \quad (1.45)$$

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

D - діаметр круга, D = 300мм.

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

Оброблюваний діаметр $D_d=24,3$.

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

Частота обертання деталі визначається за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \times 48}{3,14 \times 24,3} = 629,08 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d=650 \text{ об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає (1.32):

$$V = \frac{3,14 \times 24,3 \times 650}{1000} = 49,59 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_r в мм/об визначається за формулою (1.46) [13]:

$$S_{tl} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.46)$$

де S_t – таблична радіальна подача круга, $S_t=0,007 \text{ мм/об}$ [13,табл.163стор.346];

K_m – коефіцієнт, що визначає оброблюваний матеріал, $K_m = 0,38$ [13];

K_D - коефіцієнт, що визначає діаметр круга, $K_D = 0,5$ [13];

K_{V_k} - коефіцієнт, що визначає швидкість круга, $K_{V_k} = 1$ [13];

K_t - коефіцієнт, що визначає стійкість круга, $K_t = 0,72$ [13];

K_{IT} - коефіцієнт, що визначає точність обробки, $K_{IT} = 0,5$ [13];

K_h - коефіцієнт, що визначає припуск на обробку, $K_h = 1$ [13].

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

Приймаємо радіальну подачу $S_{t1}=0,001$ мм/об

Визначення радіальної хвилинної подачі S_{tm} мм/хв [13]:

$$S_{tm} = 0,001 \cdot 650 = 0,65 \text{ мм/хв.}$$

Визначення потужності різання N за формулою (1.47) [13]:

$$N = \frac{N_{10} \times L_{акт}}{10} \quad (1.47)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10}=0,43$, [13, к.8, стор.631],

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

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

Визначення основного (технологічного) часу за формулою (1.48) [10]:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.48)$$

де τ_2 - час сталого процесу, $\tau_2 = 0,19$, [13,к.12,стор.636],

τ_3 - час зачистки, $\tau_3 = 0,132$, [13,к.12,стор.637],

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

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

Таблиця 1.6 – Режими різання на всі операції технологічного процесу

N Опер.	Найменування операції	№ пер.	t, мм	S ₀ , мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	T ₀ , хв
015	Ток. з ЧПК		1,0	0,1	86,66	400	1,05
020	Ток. з ЧПК		1,5	0,15	30,14	400	5,45
025	Ток. з ЧПК	1	1,0	0,1	61,23	300	3,48
		2	1,5	0,15	39,56	450	
030	Ток. з ЧПК		1,2	0,15	32,5	450	2,13
035	Ток. з ЧПК	1	0,5	0,1	30,77	350	4,28
		2	0,5	0,1	35,17	350	
		3	0,5	0,1	35,17	350	
040	Ток. з ЧПК		0,5	0,1	28,26	450	2,48
045	Ток. з ЧПК	1	0,5	0,08	30,14	400	2,24
		2	0,5	0,08	31,87	350	
		3	0,5	0,08	61,23	300	
050	Ток. з ЧПК	1	0,2	0,08	30,14	400	6,31
		2	0,2	0,08	33,91	400	
		3	0,2	0,08	33,91	400	
		4	0,2	0,08	50,24	400	
055	Ток. з ЧПК		1,25	0,1мм/дв.хід.	21,3	-	5,45
070	Фрезерна з ЧПК		2,5	0,15мм/зуб	4,71	300	7,15
075	Свердлильна з ЧПК		3,25	0,1	6,12	300	1,83
080	Фрезерна з ЧПК		2,1	0,0275мм/зуб	6,91	220	0,47
085	Шліфувальна		0,03	0,0005	35/45,59	1590/650	0,32
090	Шліцешліфувальна		0,02	0,005	25,12	2000	0,51
095	Шліфувальна		0,02	0,005	30,5	250	1,21
100	Шліфувальна		0,01	0,005	35,7	480	1,48

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 (1.49), (1.50) [10]:

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.49)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.50)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв;

$t_{нз}$ – підготовчо-завершальний час, хв [10];

n – кількість деталей в партії, $n=1$ шт [10];

t_o – сумарний час на операцію, хв [10];

$t_{всп}$ – допоміжний час, хв [10];

$t_{обс}$ – час обслуговування робочого місця, хв [10];

t_n – час на особисті потреби, хв [10].

Технічне нормування на токарну операцію (015) Основний сумарний час на операцію $t_o = 1,05$ хв. Допоміжний час визначаємо за формулою (1.51) [10]:

$$t_{всп.} = t_{в.у} + t_{м.в.} \quad (1.51)$$

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 (1.52) [10]:

$$t_{n.y.} = t_o. + t_{м.в.} \quad (1.52)$$

$$t_{n.y.} = 1,05 + 0,49 = 1,54 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначається за формулою (1.53) [10]:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{n.y.} \quad (1.53)$$

$$t_{обс} = 0,1 \cdot 1,54 = 0,15 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби визначається за формулою (1.54) [10]:

$$t_n = 10\% \cdot t_{n.y.} \quad (1.54)$$

$$t_n = 0,1 \cdot 1,54 = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію [10]:

$$t_{um.} = 1,54 + 0,15 + 0,15 = 1,84 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію за формулою (1.55) [10]:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.55)$$

де, $T_{n-31} = 2 \text{ хв}$ – час на витрати по обслуговуванню верстата [10, стор.604]

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

$$T_{n-3} = 2 + 3 = 5 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв [10]:

$$t_{\text{шт.-к.}} = \frac{5}{1} + 1,84 = 6,84 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (80)

Основний сумарний час на операцію 0,47 хв

Допоміжний час:

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

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

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

$t_{\text{е.у.}} = 1,2$ 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 (1.51) [10]:

$$t_{\text{н.у.}} = 0,47 + 1,45 = 1,92 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.55) [10]:

$$t_{\text{обс}} = 0,08 \times 1,92 = 0,15 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.56) [10]:

$$t_{\text{н}} = 0,08 \times 1,92 = 0,15 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію [10]:

$$t_{um.} = 1,92 + 0,15 + 0,15 = 2,22 \text{хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію за формулою (1.54) [10]:

$$T_{n-3} = 2 + 1 = 3 \text{хв.}$$

де, Тп-з1 = 2 хв - час на витрати для усіх верстатів з ЧПК [10, до. 60, стор. 301];

Тп-з2 = 1 хв - час на витрати додаткові роботи, що враховують, [10, до. 60, стор. 301]:

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв [10]:

$$t_{um.-к.} = \frac{3}{1} + 3,42 = 6,42 \text{хв.}$$

Технічне нормування на круглошліфувальну операцію (085)

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

Допоміжний час:

$t_{уст} = t_{сн} = 0,1$ хв – установка на розтискну оправку з пневмозатиском [10, к.16, стор.640]

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

$t_{тех}$ – час технічного обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.55) [10]:

$$t_{mex} = \frac{t_{np} \times t_o \times 1,1}{T} \quad (1.55)$$

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

де - $T=7$ – стійкість круга,

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

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

Визначаємо оперативний час за формулою (1.51) [10]:

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

Час на обслуговування робочого місця визначаємо за формулою (1.56) [10]:

$$t_{обс} = 0,015 \times t_{on.} \quad (1.56)$$

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

Час на відпочинок і природні потреби визначаємо за формулою (1.57) [10]:

$$t_{омд} = 0,04 \times t_{on.} \quad (1.57)$$

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

Визначаємо штучний час на операцію [10]:

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

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

$t_{пз}=3$ хв.

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

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

Норми часу за іншими операціями технологічного процесу наведені в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_o	t_d	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-з}$	$t_{шт-к}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
015	Токарна з ЧПК	1,05	0,49	1,54	0,15	0,15	5	6,84
020	Токарна з ЧПК	5,45	1,78	7,23	0,72	0,72	3	11,67
025	Токарна з ЧПК	3,48	0,29	3,77	0,38	0,38	2	6,53
030	Токарна з ЧПК	2,13	1,31	3,44	0,34	0,35	5	9,12
035	Токарна з ЧПК	4,28	1,14	5,42	0,54	0,54	3,5	10
040	Токарна з ЧПК	2,48	1,62	4,1	0,41	0,41	2	6,92
045	Токарна з ЧПК	2,24	1,31	3,55	0,36	0,36	4	8,27
050	Токарна з ЧПК	6,31	2,71	9,02	0,9	0,9	4	14,82
055	Токарна з ЧПК	5,45	1,45	6,9	0,69	0,69	2,5	10,78
070	Фрезерна з ЧПК	7,15	3,67	10,82	1,08	1,08	5	17,98
075	Свердлильна з ЧПК	1,83	1,24	3,07	0,3	0,3	3	6,67
080	Фрезерна з ЧПК	0,47	1,45	1,92	0,15	0,15	3	6,42
085	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,063	3	4,66
090	Шліфувальна	0,51	1,78	2,29	0,18	0,18	1,5	4,15
095	Шліфувальна	1,21	1,23	2,44	0,19	0,19	5	7,82
100	Шліфувальна	1,48	1,11	2,59	0,25	0,25	3	6,09

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК

1.8.1 Розробка токарної операції

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

Інструмент – різець контурний з пластиною з твердого сплаву T5K10. Операційний ескіз показано на рис. 1.6. Розробка операції виконується у програмному комплексі Siemens NX. Тривимірна модель операційного ескізу токарної операції з ЧПК показано на рис. 1.9.

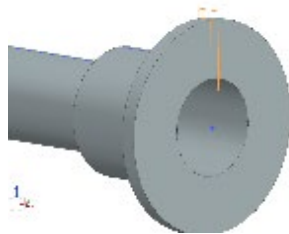


Рисунок 1.9 – Тривимірна модель операційного ескізу операції №015
Токарна з ЧПК

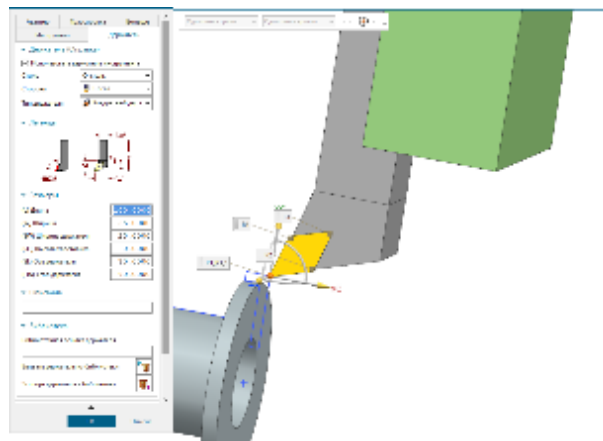


Рисунок 1.10 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

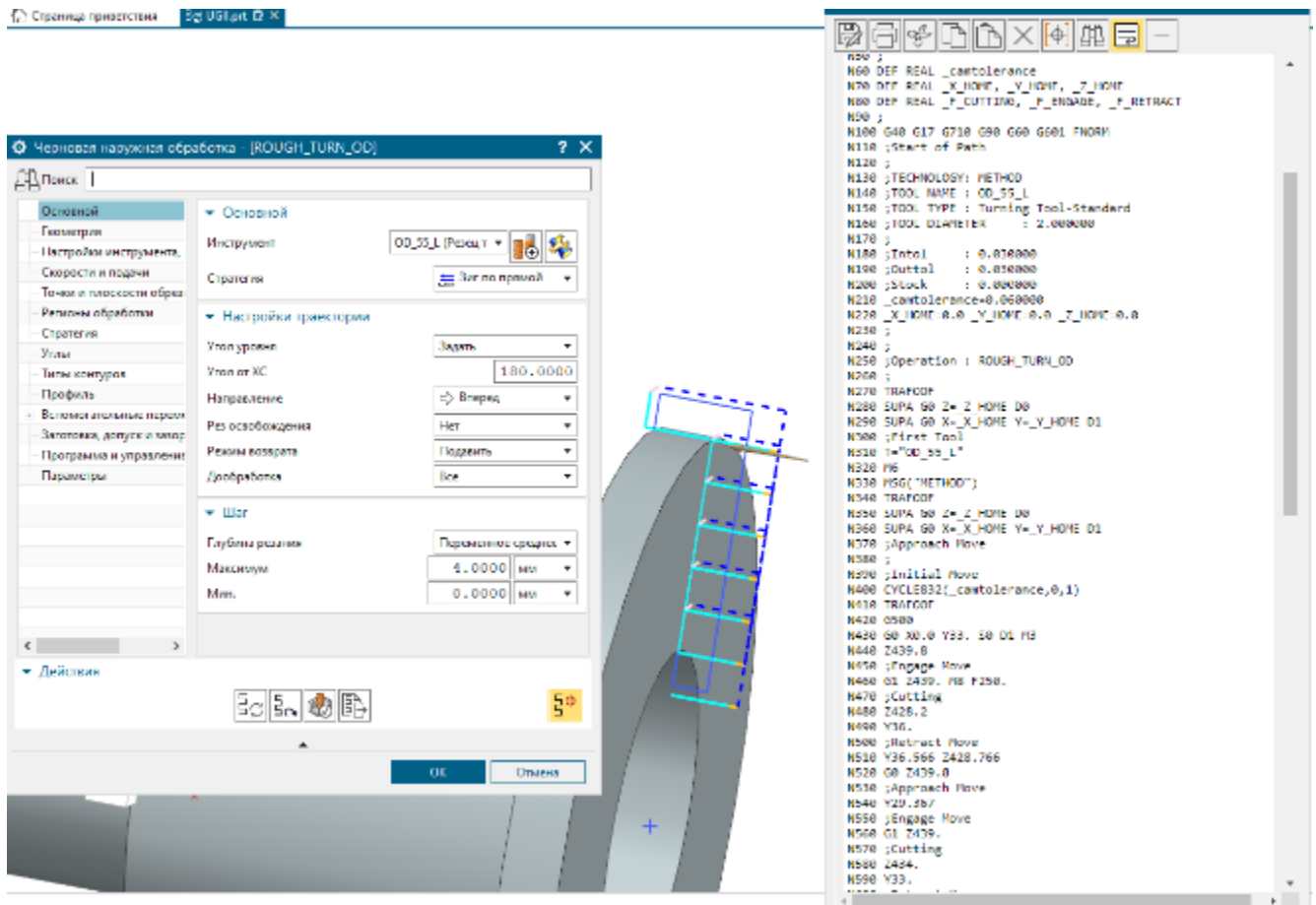


Рисунок 1.11 – Програма обробки в G кодах

1.8.2 Розробка свердлильної операції

Операція виконується на свердлильному верстаті з ЧПК. Заготовка затискається в спеціальному пристрої. Тривимірна модель операційного ескізу свердлильної операції з ЧПК показано на рис. 1.12.

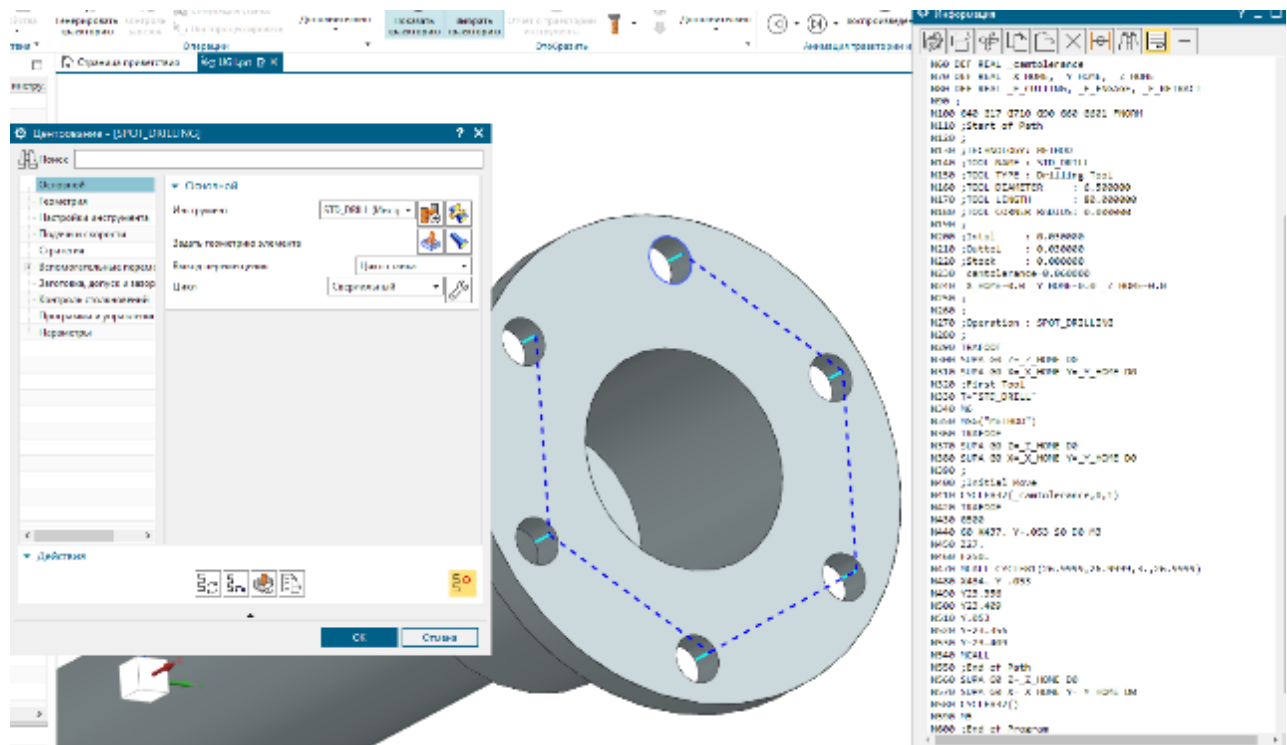


Рисунок 1.14 – Траектория обработки з програмою в G кодах

1.8.3 Розробка фрезерної операції

Віртуальне моделювання фрезерної операції з ЧПК (080). 3Д модель операційного ескізу показано на рис. 1.15.

Ріжучий інструмент: Фреза 2252-0401 D=11 P12Ф4K5 ГОСТ 7063-71

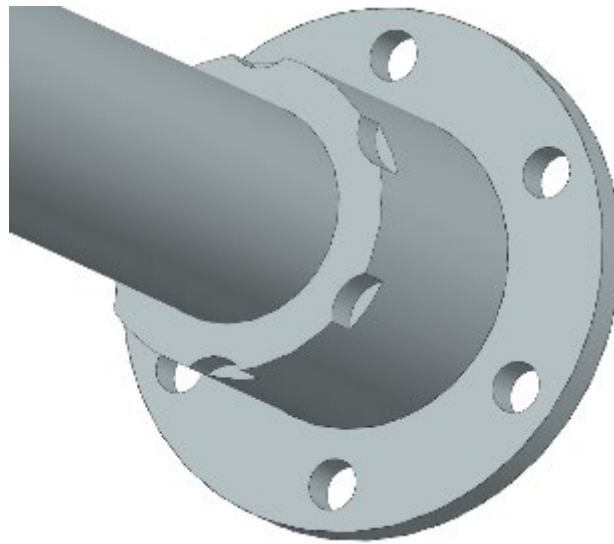


Рисунок 1.15 – Тривимірна модель операційного ескізу операції №080
Фрезерна з ЧПК

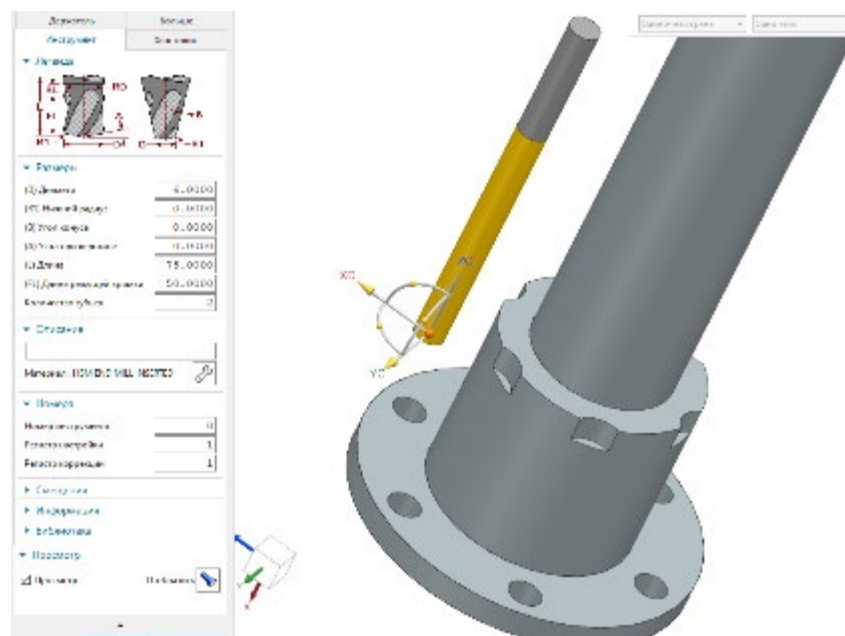


Рисунок 1.16 – Зображення орієнтації інструменту відносно поверхні
обробки

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Для обробки деталі на операції 25 на токарному верстаті з ЧПК 16K20Ф3 використовується пристосування з цанговим затиском. Для компенсації прогину деталі від її великої довжини використовується для підтримки люнет.

Визначаємо похибку установки деталі в пристосуванні:

Деталь встановлюється в процесі обробки на затискний цанговий пристрій рис. (2.1). При цьому вимірювальною базою є вісь деталі, а налагоджувальною базою вісь пристосування.

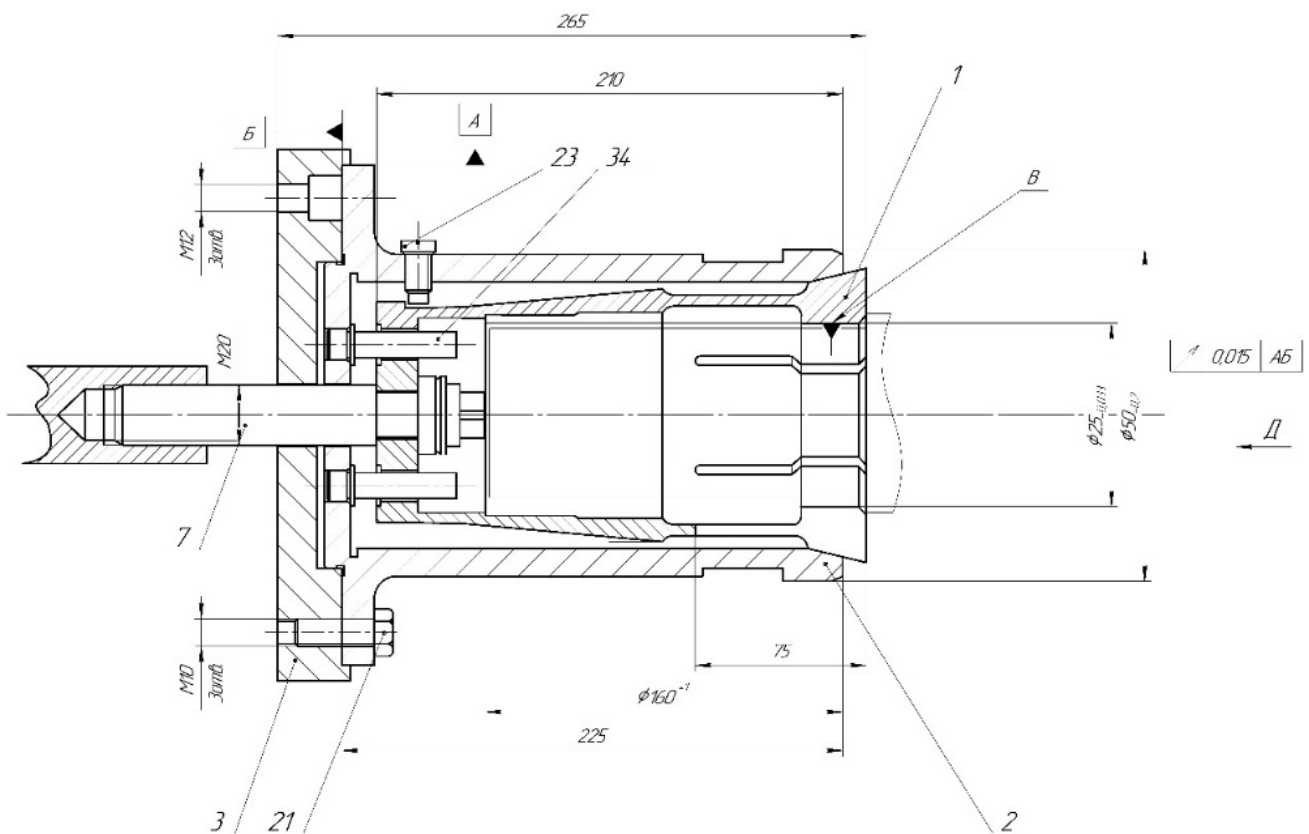


Рисунок 2.1 – Робоче пристосування

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

Похибка установки визначається за формулою (2.1) [11]:

$$E_{вст} = \sqrt{E_{баз}^2 + E_{закр}^2} \quad (2.1)$$

де $E_{закр}$ - похибка закріплення. Оскільки напрям сили затиску і розмірів обробки взаємно перпендикулярні, то $E_{закр}=0$

$E_{баз}$ - похибка базування - частина погрішності установки, що є неспівпаданням вимірювальної і налагоджувальних баз та визначається за формулою (2.2) [11].

$$E_{баз} = 0,5 \cdot \delta \quad (2.2)$$

де δ - допуск на розмір діаметру обробки $\delta=0,12\text{мм}$;

$$E_{баз} = 0,5 \cdot 0,12 = 0,06\text{мм} \quad (2.2)$$

$$E_{вст} = E_{баз} = 0,06\text{мм}$$

З практики відомо, що похибка установки не повинна перевищувати 1/3 допуски на розмір обробки тобто [11]:

$$E_{вст} = 0,06 \leq \frac{1}{3} \cdot Td_{обр} \leq \frac{1}{3} \cdot 0,3 = 0,1$$

де $Td_{обр}$ - допуск на розмір обробки

Налаштування інструменту на розмір обробки у револьверній головці робиться за допомогою мікроскопу поза межами верстату.

Розрахунок цього пристосування на точність буде зводитися до визначення точності виготовлення пристосування за формулою (2.3) [11]:

$$T_H \leq T_{обр} - (K1 \cdot E_{\delta} + K2 \cdot \omega) \quad (2.3)$$

де K_1 - показник, що визначає зменшення похибки базування внаслідок того, що настановний елемент в пристосуванні замінюється не часто: $K_1=0,8$;

K_2 - показник, що визначає долю похибки обробки від загальної, такої, що викликається чинниками, не залежними від конструкції пристосування: $K_2=0,6$;

ω - середня економічна точність обробки: $\omega=0,2$;

$$T_H \leq 0,3 - (0,8 \cdot 0,06 + 0,6 \cdot 0,2) = 0,3 - 0,168 = 0,132$$

В результаті розрахунку можна зробити висновок, що так як похибка пристосування дорівнює 0,132мм що значно менше допуску на операцію то пристосування можна визнати гідним.

2.1.3 Визначення сили затиску

Цанги є розрізними пружинними гільзами за ГОСТ 2876-80, виготовленими з легованих сталей і термічно обробленими по робочій частині до твердості 58...62 HRC і до 40...45 HRC в хвостовій частині.

Визначаємо осьову складову сили різання за формулою (2.4) [11]:

$$P_O = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (2.4)$$

де C_p , x , y , n - постійна і показники міри для конкретних умов обробки для складових сили різання : $C_p=339$ $x=1,0$ $y=0,5$ $n=-0,4$;

t , s , v - режими різання : $t=1,6$ мм $s=0,08$ мм/про $v=99,6$ м/хв

K_p - поправочний показник, що визначає умови різання визначається за формулою (2.5) [11]:

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp} \quad (2.5)$$

де K_{mp} - показник, що визначає вплив якості оброблюваного матеріалу визначається за формулою (2.6) [11]:

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_v}{750} \right)^n \quad (2.6)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{830}{750} \right)^{0.75} = 1.07$$

$K_{\phi p}$ - показник, що визначає вплив головного кута в плані $K_{\phi p}=0,89$ [2];

$K_{\gamma p}$ - показник, що визначає вплив переднього кута $K_{\gamma p}=1,0$ [2];

$K_{\lambda p}$ - показник, що визначає вплив кута нахилу головного леза $K_{\lambda p}=1,0$

K_{rp} - показник, що визначає вплив радіусу при вершині $K_{rp}=0,93$ [2];

$$K_p = 1,07 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 0,88$$

$$P_o = 10 \cdot 339 \cdot 1,6^{1,0} \cdot 0,08^{0,5} \cdot 99,6^{-0,4} \cdot 0,8 = 184,1H$$

Визначуваний передаваний момент різання, визначається за формулою (2.7) [11]:

$$M_{kp} = P_z \cdot 1,1 \cdot \frac{D}{2} \quad (2.7)$$

$$M_{kp} = 432 \cdot 1,1 \cdot \frac{11}{2} = 2613,6H \cdot мм$$

Визначаємо сумарну силу затиску заготовки за формулою (2.8) [11]:

$$W = \frac{k}{f} \cdot \sqrt{\frac{4M_{kp}^2}{d^2} + P_o} \quad (2.8)$$

де k - показник запасу, приймається приблизно до=2,5;

f - показник зчеплення між робочими поверхнями цанги і заготовки $f=0,3$;

d - внутрішній діаметр в місці контакту заготовки з цангою $d=25$ мм;

$$W = \frac{2,5}{0,3} \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 2613,6^2}{25^2} + 184,1^2} = 2321H$$

Визначаємо силу стискування пелюсток цанги до їх зіткнення із заготовкою:

$$W_1 = 6 \cdot 10^3 \cdot 0.08 \cdot 20 \cdot 50^3 / 80^3 = 2343,75 H$$

Визначаємо силу приводу цанги для забезпечення необхідної сили затиску заготовки [11]:

$$Q = (W + W_1) \cdot [tg(\alpha + \phi_1) + tg\phi_2] \quad (2.9)$$

де α - половина кута конуса цанги;

$\phi_1 = 25^\circ$ - кут тертя в місці контакту конуса цанги і корпусу;

$\phi_2 = 15^\circ$ - кут тертя в місці контакту цанги і заготівлі в осьовому напрямі

$$Q = (2321 + 2343) \cdot [tg(15 + 25) + tg15] = 5130,33 H$$

В пристосуванні затискання відбувається від дії гідроциліндру, який повинен забезпечувати силу затиску $Q = 5130,33$ Н. Параметри гідроциліндру розраховуємо за формулою (2.10) [11]:

$$P_p = \frac{4 \cdot P_{шт}}{D^2 \cdot \pi \cdot \eta} \quad (2.10)$$

де $P_{шт}$ - сила на штоку, Н;

D - діаметр цанги в метрах;

η - показник корисної дії.

$$P_p = \frac{4 \cdot 5130,33}{0,25^2 \cdot 3,14 \cdot 0,85} = 0,123 MPa$$

Найбільш відповідальною деталлю пристосування є різьба на штоке гідроциліндра, отже, перевіримо чи виконується умова міцності. Критичну силу визначаємо за формулою (2.11) [11]:

$$P_{KP} = \eta \cdot \frac{E \cdot W}{l_{np}^2} \quad (2.11)$$

де E - модуль пружності, $E=0,5 \cdot 10^5$ МПа;

W - момент інерції;

l_{np} - робоча довжина штока приведена, $l_{np}=200$ мм;

$$W = \frac{\pi \cdot d_{шт}^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 20^4}{64} = 7850 \text{ мм}^4$$

$$P_{KP} = 2,4 \cdot \frac{0,5 \cdot 10^5 \cdot 3960}{200^2} = 4950 \text{ Н}$$

Допустиме навантаження на штоку не повинне перевищувати $(0,5 \dots 0,7) P_{кр}$ в нашому випадку [11]:

$$3960 < (0,5 \dots 0,7) P_{кр} = (2475 \dots 3465)$$

Оскільки умова міцності виконується те це пристосування робоче.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Пристосування налагоджується на контролюємий розмір деталі переміщенням рухливих призм і упору. Призми фіксуються кріпильними гвинтами, голівки яких знаходяться в Т-подібному пазі плити. Після забезпечення паралельності, за допомогою регулювальної гайки призми фіксуються контрувальним гвинтом.

Для їх з'ясування припустимо, що на призму по черзі встановлені два вали з партії: один з найбільшим граничним діаметром D_{max} , інший з найменшим D_{min} , і послідовно визначимо: Відстань Δh_1 між тими, що верхніми, що утворюють валів; Відстань Δh_2 між їх що нижніми, що утворюють; Відстань Δh між їх осями.

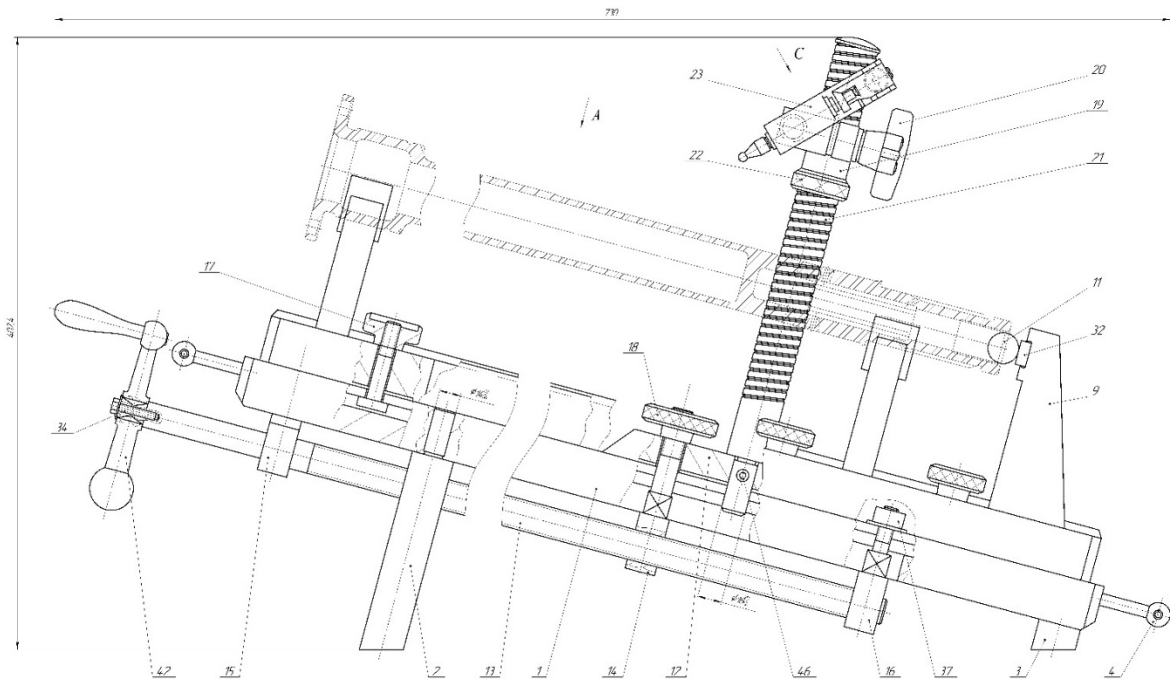


Рисунок 2.3 – Контрольне пристосування

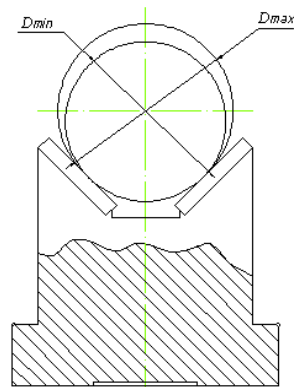


Рисунок 2.4 – Схема установки

Ці відстані і будуть погрішностями базування.

З геометричних побудов похибка визначається за формулою (2.12) [11]:

$$\varepsilon_{h_1} = \Delta h_1 = AB_1 - AB_2 = \frac{D_{\max}}{2} + \frac{D_{\max}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} - \left(\frac{D_{\min}}{2} + \frac{D_{\min}}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \right) = \frac{(D_{\max} - D_{\min}) \left(1 + 2 \sin \frac{\alpha}{2} \right)}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = k \delta_D \quad (2.12)$$

Аналогічно інші складові похибки визначаються за формулами (2.13), (2.14)

[11]:

$$\varepsilon_{h_2} = \Delta h_2 = k_2 \delta_D \quad (2.13)$$

$$\varepsilon_h = \Delta h = k \delta_D \quad (2.14)$$

Для призми $\alpha=90^\circ$ похибки базування рівні:

$$\varepsilon_{h_1} = 1,21 \delta_D = 1,21 \cdot 0,02 = 0,0242 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_{h_2} = 0,21 \delta_D = 0,21 \cdot 0,02 = 0,0042 \text{ мм};$$

$$\varepsilon_h = 0,7 \delta_D = 0,7 \cdot 0,02 = 0,014 \text{ мм}.$$

Сумарна похибка базування буде дорівнювати:

$$\varepsilon_\Sigma = \sqrt{0,0242^2 + 0,0042^2 + 0,014^2} \approx 0,028 \text{ мм}$$

тобто $0,028 \text{ мм} < 0,03 \text{ мм}$ - умова точності виконана т.ч. пристосування забезпечує задану точність. Очікувана похибка складає $0,028 \text{ мм}$.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ

Засоби автоматизованого контролю розмірів

По дії на технологічний процес автоматичні засоби контролю параметрів деталей можна розділити на дві групи:

1) пасивні, здійснюючі лише розсортовування деталей за результатами контролю;

2) активні, які при певній зміні контрольованої величини автоматично змінюють хід технологічного процесу і забезпечують задану точність обробки.

Контролювати можна як положення поверхні виробу (наприклад, відстань до іншої поверхні), так і положення різального леза інструменту або робочих елементів верстата.

Контроль можна здійснювати до початку обробки (наприклад, контроль величини припуску), в процесі обробки або після обробки. Контроль можна виконувати контактними і безконтактними методами. Передача вимірювального імпульсу від місця контролю до вимірювальної голівки або датчика може здійснюватися за допомогою безважільної або важільної системи [32].

Залежно від способу впливу на виконавчі органи верстата відомі облаштування активного контролю трьох типів : 1) автооператори — пристрої, що змінюють або припиняють процес обробки у момент виходу дійсного розміру виробу за поле допуску; 2) автоподналадчики — пристрої, які, впливаючи на механізм наладки верстата, змінюють розташування робочих органів верстата відносно оброблюваної поверхні виробу і не дозволяють розмірам подальшого оброблюваного виробу виходити за певні межі; 3) автоблокувальники — захисні пристрої, що служать для контролю виробу до і після обробки на цьому верстаті; автоблокувальники або не допускають попадання на верстат виробів, у яких розмір, форма або розташування поверхонь відрізняються від потрібних, або зупиняють верстат у разі поломки різального інструменту або виходу контрольованого параметра виробу за встановлені межі.

Прилади для проведення активного контролю БВ-4303. Підналагоджують для круглошлифовальних безцентрових, токарних і свердлувальний-фрезерно-розточувальних верстатів з ЧПК, оброблювальних центрів, ГПМ і систем рис. 3.1.



Рисунок 3.1 - БВ-4303 Підналагоджують для круглошлифовальних безцентрових, токарних і свердлувальний-фрезерно-розточувальних верстатів [32].

Призначення: Контроль внутрішніх і зовнішніх розмірів деталей після їх обробки на верстатах з видачею в систему управління верстатами інформації про необхідну підналадку устаткування. БВ-4304 [32]. Прилад для контролю деталей з безперервною поверхнею (з навісною скобою) рис. 3.2.



Рисунок 3.2 - БВ-4304. Прилад для контролю деталей з безперервною поверхнею (з навісною скобою)

Призначення: Мікропроцесорний прилад активного контролю для круглошлифовальних верстатів. БВ-4305. Прилад для контролю деталей з безперервною поверхнею рис. 3.3 [32].



Рисунок 3.3 - БВ-4305. Прилад для контролю деталей з безперервною поверхнею

Призначення: Мікропроцесорний прилад активного контролю для круглошлифовальних верстатів. БВ-4306. Прилад для контролю деталей з переривчастою поверхнею [32].



Рисунок 3.4 - БВ-4306. Прилад для контролю деталей з переривчастою поверхнею

Призначення: Мікропроцесорний прилад активного контролю для круглошлифовальних верстатів.

Прилади активного контролю розділяють на командні, сигнал яких поступає в систему автоматичного управління верстатом (рис. 7), що показують (рис. 6), сигнальні і сигнально-показуючі, які дозволяють операторові використати інформацію приладу для ручного управління верстатом. Командні прилади можуть мати відлікові або сигнальні пристрої. За способом установки вимірювальних елементів на верстаті прилади активного контролю розділяються на прилади з навісною скобою (див. рис. 6), які зазвичай встановлюються на деталь і знімаються з неї оператором, і з настільною скобою (див. рис. 7), які встановлюються на деталі і знімаються з неї автоматично. За принципом дії прилади активного контролю можуть бути механічні(наприклад, з використанням індикатора годинного типу), пневматичні, індуктивними і ємнісними. Налаштування приладів роблять по зразковій деталі [32].

Особливу групу приладів активного контролю складають прилади для зв'язаного шліфування (рис. 5), за допомогою яких можна вимірювати вал в процесі його обробки і вимикати верстат, коли вал досягне розміру, що забезпечує необхідний проміжок або натяг із заздалегідь обробленим отвором(наприклад, обробка шпинделя по отвору в передній бабці верстата). Активний контроль здійснюють головним чином в масовому і великосерійному виробництві. Іноді доцільно застосовувати активний контроль при обробці невеликих партій деталей (до 10 штук).

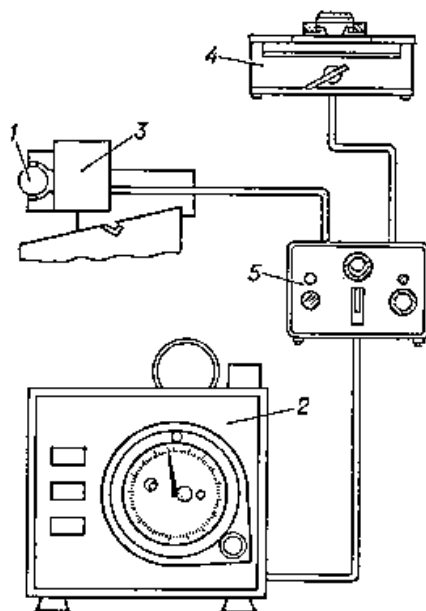


Рисунок 3.5 - Схема приладу активного контролю для зв'язаного шліфування [32].

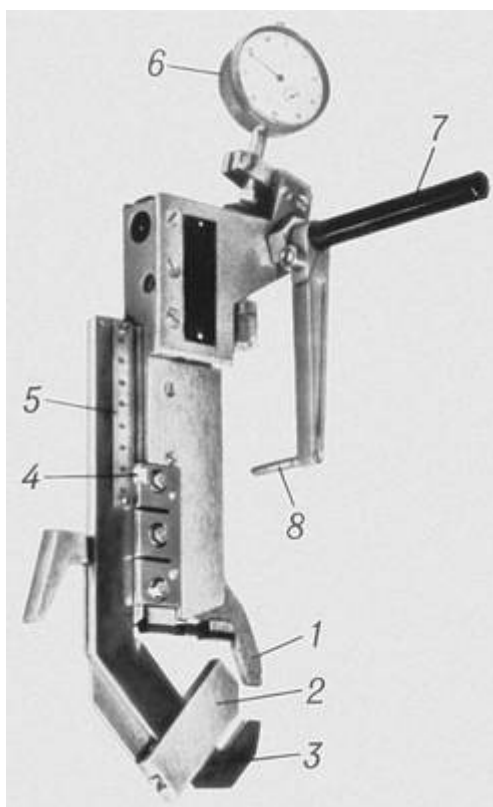


Рисунок 3.6 - Показуючий прилад активного контролю з навісною скобою [32].

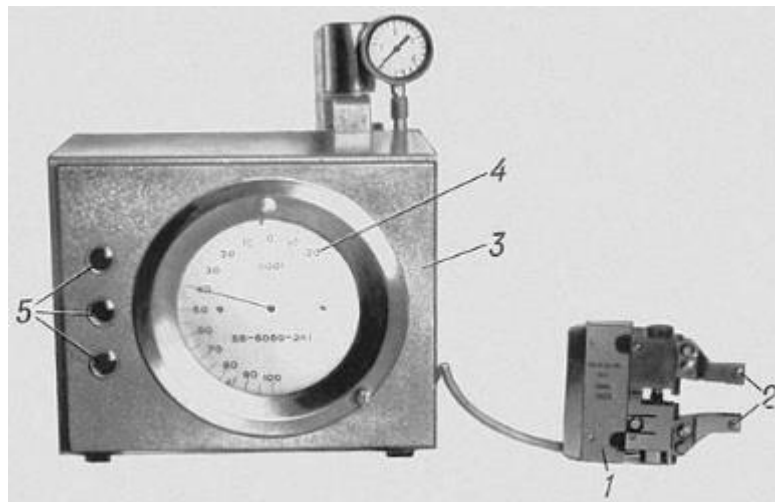


Рисунок 3.7 - Командний прилад активного контролю з настільною скобою [32].

Операції і засоби перевірки

При проведенні первинної і періодичної перевірок приладів активного контролю мають бути виконані операції і застосовані засоби перевірки. Допускається застосовувати інші засоби перевірки, що мають аналогічні метрологічні характеристики.

Умови проведення перевірки і підготовка до неї

При проведенні перевірки приладів мають бути дотримані наступні умови:

- температура довкілля °З;
- відносна вологість повітря не більше 80%;
- атмосферний тиск (100±4) кПа;
- напруга живлячої мережі (220±22) В;
- частота живлячої мережі (50+10) Гц.

Приміщення(зона), призначене для проведення перевірки приладів, має бути в експлуатованому стані і мати клас чистоти не більше за клас 8 ИСО по зважених в повітрі частках з розмірами 0,5 і 5 мкм і концентраціями, встановленими ГОСТ Р ИСО 14644-1. Періодичність контролю стану приміщення визначають по ГОСТ Р ИСО 14644-2. Експлуатацію приміщення здійснюють по ГОСТ Р ИСО 14644-5.

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Розрахунок напружено-деформованого стану валу вільної турбіни виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 4.1.

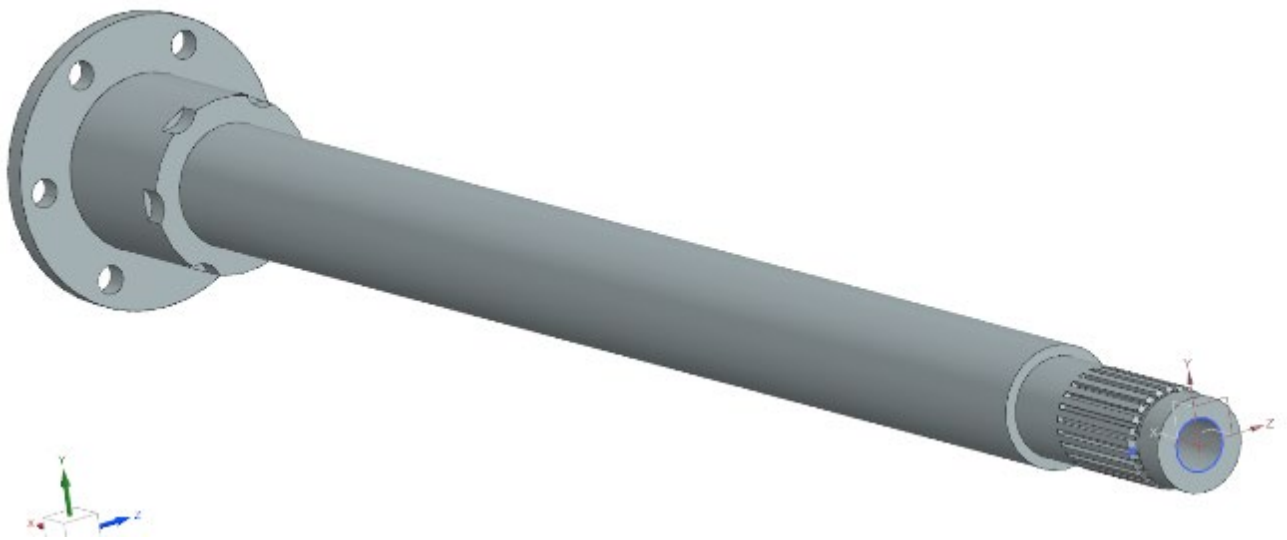


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель валу вільної турбіни

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



Рисунок 4.2 – Модель валу вільної турбіни розбита на сітку кінцевих елементів

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



Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

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

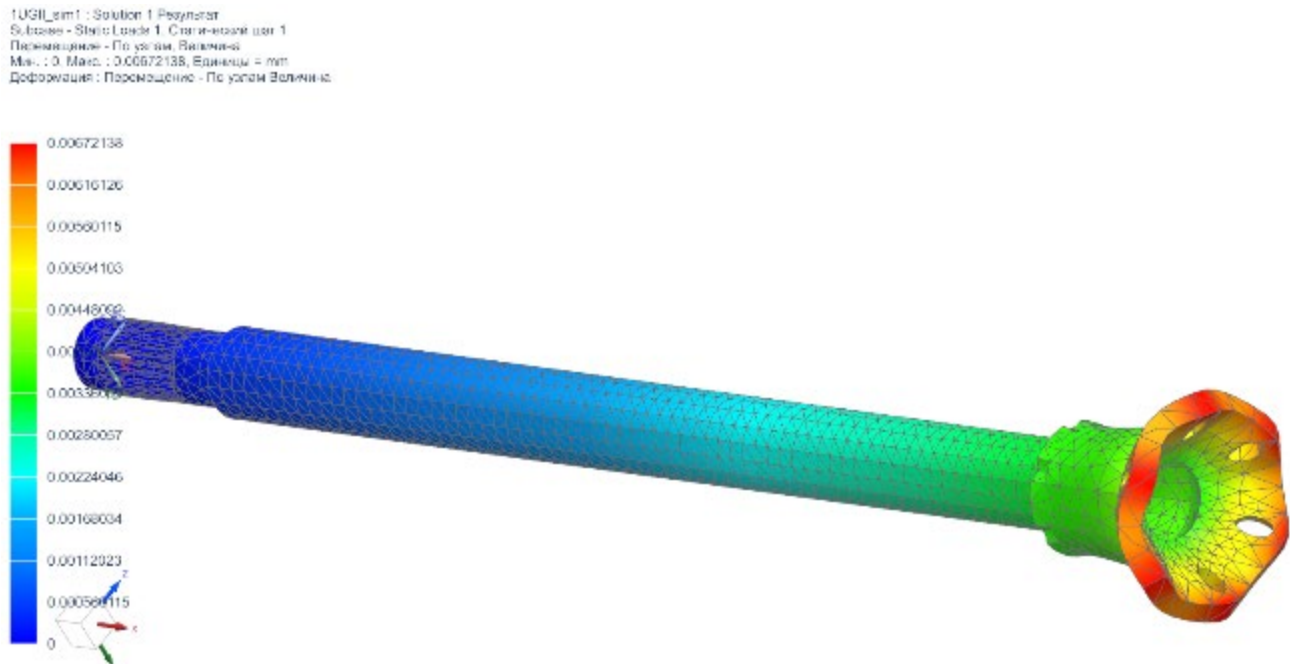


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку напружено деформованого стану диску

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

5 СПЕЦЗАВДАННЯ

Сучасні технології обробки отворів малого діаметру.

Отвори малого діаметру використовуються у багатьох деталях сучасних машин і їх агрегатів. Наприклад, лопатках газових турбін, кільцевих деталях турбіни і камери згорання, у форсунках і фільтрах, екранах, деталях гідро- і пневмоагрегатів (золотники, плунжери, дроселі, гільзи і так далі), для контрення деталей кріплення і арматури. Їх отримують різними способами: різанням (свердління свердлами малого діаметру), лазерним і електронним променем, електроерозійною обробкою, електрохімічною і ультразвуковою обробкою, струминно-абразивною обробкою та ін. Кожен з перерахованих методів має свої достоїнства і недоліки [14].

Електронно-променевий спосіб отримання отворів малого діаметру

У виробництві авіаційних двигунів і їх агрегатів ЕЛО використовують для отримання отворів і вузьких пазів в різних матеріалах (сталях, нікелевих і титанових сплавах та ін.). Діаметр прошиваних отворів залежить від товщини оброблюваного матеріалу.

Електронно-променеве свердління отворів має наступні основні переваги:

- висока швидкість обробки;
- виконання процесу у вакуумі забезпечує відсутність окислення;
- мала зона термічного впливу і відсутність мікротріщин;
- мала конусність отворів;
- широка номенклатура оброблюваних матеріалів;
- електронний пучок (на відміну від лазерного) практично повністю поглинається мішенню, що забезпечує можливість обробки матеріалів з високою прозорістю і великою відбивною здатністю.

На рис. 5.1, 5.2 і 5.3 наведені приклади, що ілюструють технологічні можливості, а на рис. 5.4 — установка для електронно-променевого свердління отворів малого діаметру.

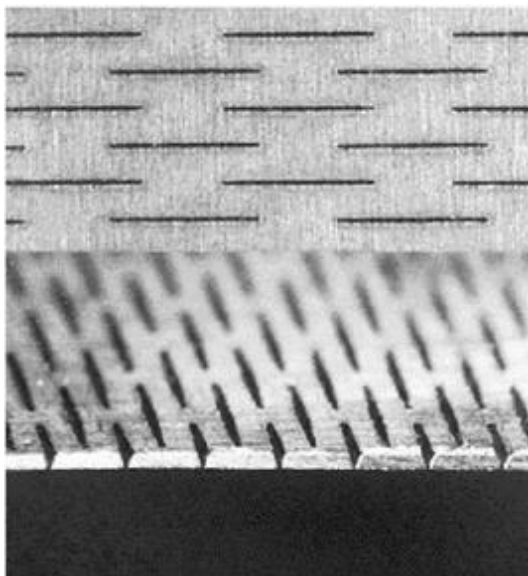


Рисунок 5.1 - Перфоровані пази у фользі з нержавіючої сталі завтовшки 0,05.0,08 мм [14].

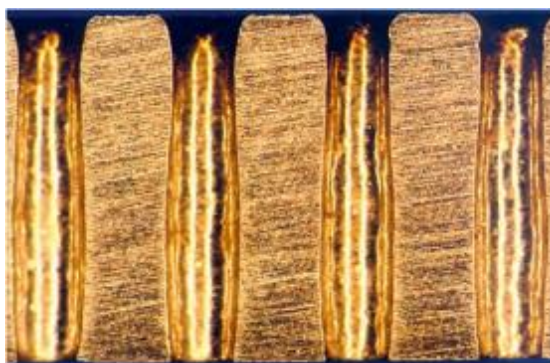


Рисунок 5.2 - Типові отвори діаметром 0,2 мм, отримані електронно-променевим свердлінням [15].



Рисунок 5.3 - Отвори, отримані електронно-променевим способом [15].



Рисунок 5.4 - Установка для перфорування електронним променем фірми Steigerwald з багатокоординатним ЧПК(високошвидкісний електронно-променевий перфоратор) [16].

Для отримання отворів у фільтрі (рис. 4.5), заготівля якого є циліндром з листового матеріалу, остання встановлюється в спеціальне пристосування у вакуумній камері і наводиться в обертання. Кожен отвір може оброблятися за один або декілька імпульсів. В процесі безперервного обертання заготівлі з частотою 1.2000 імпульсів в секунду на неї впливають електронні пучки з електронної гармати. У течії кожного імпульсу промінь відхиляється і фокусується в необхідну точку поверхні (рис. 4.6). Енергія, тривалість, розмір фокальної плями і інші параметри кожного імпульсу призначаються залежно від конкретних умов обробки і діаметру отримуваного отвору.



Рисунок 5.5 - Фільтр з нержавіючої сталі завтовшки 1,5 мм з 350000 отворами діаметром 0,1 мм, отриманими електронно-променевим свердлінням

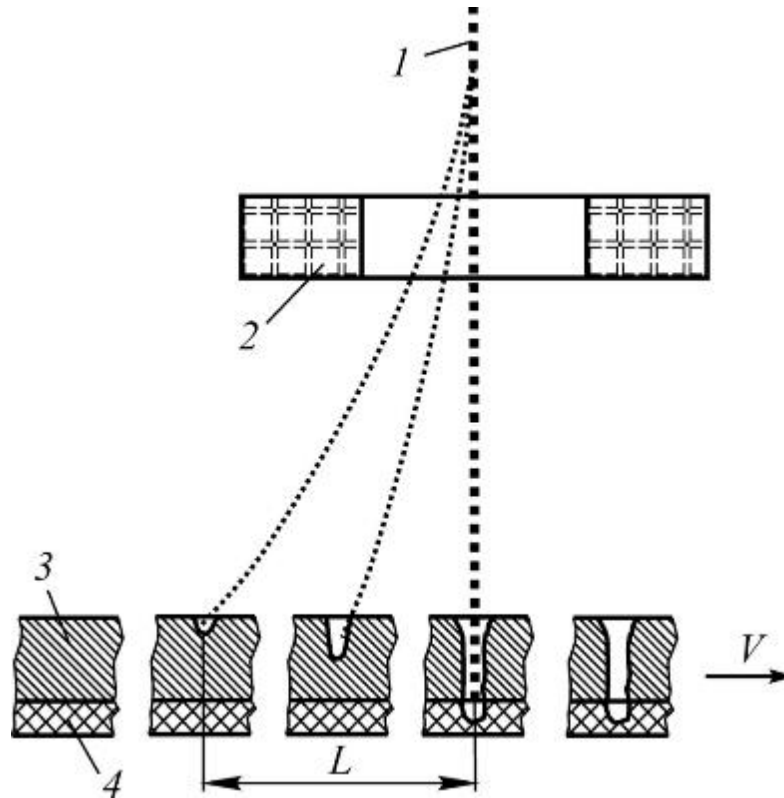


Рисунок 5.6 — Формування отвору при русі заготовки : 1 — електронний промінь; 2 — система, що відхиляє; 3 — заготівля; 4 — технологічна підкладка

Застосування електронної обробки отворів обмежують необхідність виконання процесу у вакуумі (великі енергетичні втрати на роботу насосів, що створюють вакуум) і висока вартість технологічного устаткування.

Лазерна прошивка отворів

Лазери починають широко використати для отримання отворів малого діаметру. Це обумовлено можливістю отримання отворів діаметром від десятків мікрометрів до декількох міліметрів значної глибини (до 50 діаметрів) з високою продуктивністю і точністю у будь-яких металах, сплавах і кераміках. Лазерна перфорація отворів знайшла широке застосування при виготовленні деталей газотурбінних двигунів.

Основні показники лазерного свердління залежать від вживаного устаткування і оброблюваного матеріалу і можуть змінюватися в широких межах [14].

При лазерному свердлінні матеріал віддаляється у вигляді суміші розплавлених і випарованих часток, співвідношення яких залежить від властивостей матеріалу і інтенсивності лазерного випромінювання. Найчастіше обробка виконується «пачкою» лазерних імпульсів.

Лазерне свердління дозволяє отримувати різні за формою отвори в різних матеріалах, включаючи важкооброблювані суперсплави, використовувані в аерокосмічній техніці. Можливе свердління отворів під малими кутами до поверхні. Висока продуктивність цього методу забезпечує отримання сотень і тисяч отворів в одній деталі. Для лазерного свердління в металах і сплавах зазвичай використовують імпульсні Nd: YAG— лазери, а в неметалічних матеріалах — CO₂— лазери [14].

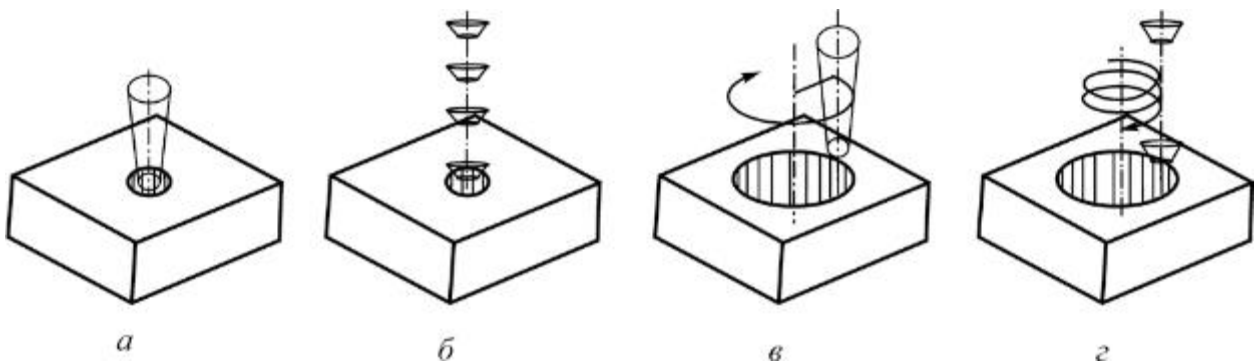


Рисунок 5.7 — Схеми лазерного свердління : а — прошивка одиничним імпульсом; б — імпульсна прошивка; в — трепанація; г — гвинтове «свердління»

Прошивка робиться одним або безліччю імпульсів лазера, при цьому необхідно забезпечити високу щільність потужності.

Для лазерної прошивки використовують лазери потужністю 100-400 Вт. Тривалість імпульсів вибирається виходячи з необхідної якості отвору. Слід мати на увазі, що зменшення тривалості імпульсу знижує його енергію. Типові значення

тривалість імпульсу, використовувана для лазерного свердління, знаходиться в діапазоні 0,5-2 мкс, проте є установки, працюючі з тривалістю імпульсів в декілька десятків наносекунд. Слід мати на увазі, що зменшення тривалості імпульсу іноді дозволяє поліпшити якість отримуваних отворів. Вибрана частота імпульсів повинна забезпечувати оптимальний баланс між продуктивністю і якістю обробки. При прошивці її призначають в межах 5-20 Гц від (Nd: YAG- лазери) до 1000 Гц (CO₂- лазери). Енергія імпульсу залежить від діаметру оброблюваного отвору, товщини і виду матеріалу. З її зростанням збільшується продуктивність, але знижуються якісні характеристики отвору [14].

Розмір фокальної плями визначає діаметр оброблюваного отвору. При прошивці тонких матеріалів (до 1 мм) він призначається рівним діаметру отриманого отвору. Чим товще прошиваний лист, тим більше необхідна фокусна відстань лінзи. Зазвичай воно складає 100-250 мм. Фокальна точка може розташовуватися на поверхні оброблюваної деталі, вище або нижче її залежно від того які ефекти вимагається забезпечити. Найчастіше фокальну точку встановлюють нижче поверхні на відстані, що відповідає 5-15% товщини матеріалу. Найкраще положення точки фокусу зазвичай визначають експериментально, виходячи з кращої якості отриманого отвору. Точність обробки знижується зі збільшенням довжини хвилі лазерного випромінювання. Остання впливає і на продуктивність обробки (рис. 5.8) [14].

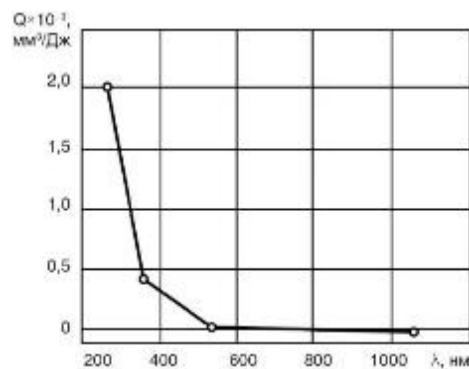


Рисунок 5.8 - Вплив довжини хвилі лазерного випромінювання на об'ємну швидкість видалення матеріалу

При оцінці якості обробки отвору враховуються його точність, шорсткість поверхонь, форма, конусність, наявність мікротріщин і грата, величина зони термічного впливу. Як і в процесах лазерного різання, часто використовують допоміжний газ, сприяючий видаленню розплавленого матеріалу з оброблюваного отвору. Кількість імпульсів, необхідна для прошивки, залежить від глибини оброблюваного отвору, необхідної точності і якості його поверхонь.

Характерними дефектами отворів, що отримуються прошивкою, є сліди розбризкування металу біля входу в отвір, конусність і інші спотворення форми, наявність зон оплавлення і термічного впливу, мікротріщин і інших дефектів, обумовлених кристалізацією матеріалу, термічною напругою і взаємодією з середовищем [14].

Для боротьби з розбризкуванням металу використовують спеціальні покриття. Конусність, що виникає при лазерній прошивці, усунути досить складно. Для цих цілей використовують прийоми, при яких в процесі прошивки отвору змінюють параметри імпульсів (метод SPDPC), наприклад, поступово збільшують їх енергію. Ефективність цих заходів ілюструє рис. 5.9.

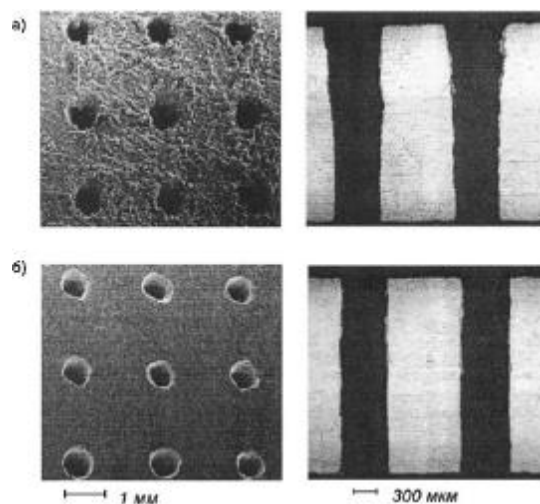


Рисунок 5.9 - Типові мікрофотографії отворів після лазерної прошивки за традиційною технологією(а) і з використанням захисного покриття і методу SPDPC(б) [14].

На рис. 5.10 приведені типові залежності глибини отвору, що отримується за одиничний імпульс, і його діаметру від інтенсивності лазерного випромінювання.

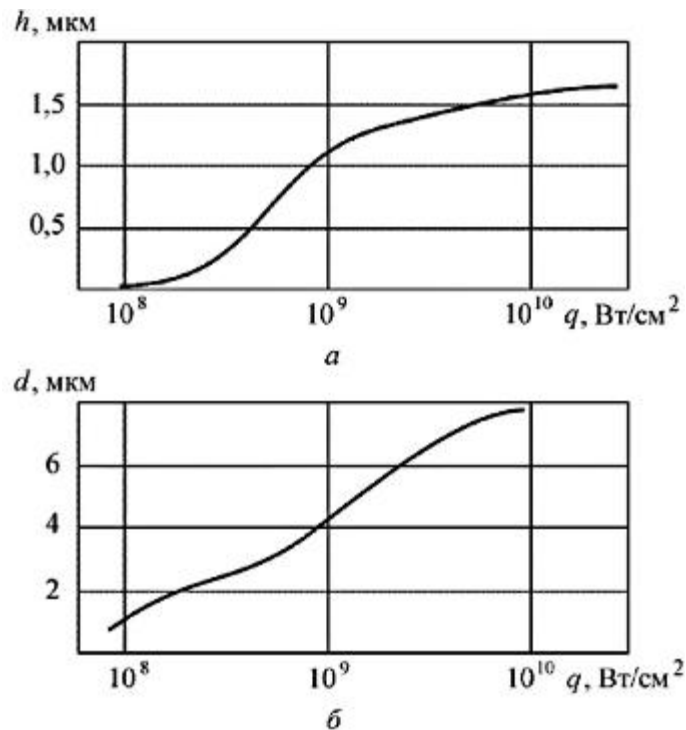


Рисунок 5.10 - Вплив щільності потужності лазерного випромінювання на глибину отвору, що прошивається одиничним імпульсом(а), і діаметр отвору(б). Обробка міді лазером з довжиною хвилі 355 нм, тривалістю імпульсу 50нс при діаметрі фокальної плями $df = 4,5 \mu\text{м}$ [14].

При обробці безлічі отворів іноді використовують прийом, званий Fire - On - The Fly, при якому імпульси від стаціонарно розташованого лазера впливають на деталь в процесі обертання або іншого переміщення, причому подання імпульсів синхронізується з переміщенням деталі, щоб забезпечити точне попадання променя в місця розташування отворів. Програмною зміною положення фокусу, потужності числа і форми імпульсів можна забезпечити управління розміром, конусністю і якістю отримуваних отворів. Гідністю такої технології є зниження величини зони

термічного впливу і вірогідності виникнення мікротріщин. На рис. 5.11 приведена деталь з множиною отворів, отриманих за технологією Fire, - On - The Fly. Швидкість прошивки в деталях завтовшки ~ 1 мм складає до 50 отворів в секунду.

Другий прийом — трепанація зазвичай виконується переміщенням лазерного променя по заданому контуру. Обробка проводиться аналогічно лазерному різанню з попереднім отриманням стартового отвору в центрі з подальшим виходом променя за заданий контур і переміщенням по ньому. Термін «свердління» замість «різання» використовують в тих випадках, коли діаметр оброблюваного отвору менше його глибини(товщина деталі). Змінюючи нахил променя і траєкторію його переміщення, можна управляти формою і розмірами отвору як в перерізі, перпендикулярному осі, так і осьовому. Слід зазначити, що точність, що досягається прийомами трепанації, вище, ніж при прошивці. Трепанація зазвичай використовується для отримання отворів діаметром більше 0,5 мм.



Рисунок 5.11 - Отвори, отримані лазерним свердлінням за технологією Fire, - On - The Fly

Гвинтове свердління є порівняно новою технологією лазерної обробки отворів, що дозволяє істотно підвищити їх якість. На відміну від трепанації, отвір отримують за декілька проходів лазерного променя. Гвинтове свердління в порівнянні з прошивкою дозволяє отримувати отвори правильнішої форми (рис. 5.12), а при використанні наносекундних лазерів — значно зменшити величину оплавленого шару. За цією технологією отримують отвори діаметром від 100 мкм. Крім того, можна обробляти отвори не лише круглої форми. Гвинтова обробка особливо ефективна в тих випадках, коли діаметр оброблюваного отвору близький до діаметру фокальної плями.

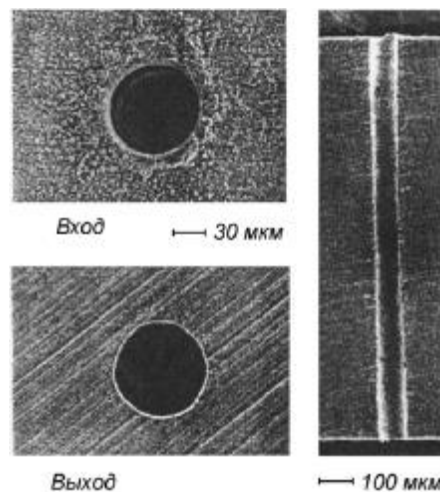


Рисунок 5.12 - Отвір в сталі завтовшки 1 мм, отримане методом гвинтового свердління Nd : YAG- лазером з тривалістю імпульсів 10 нс [36].

Прошивкою з фокусуванням по масці прошивають отвори будь-якої форми (рис. 5.13).

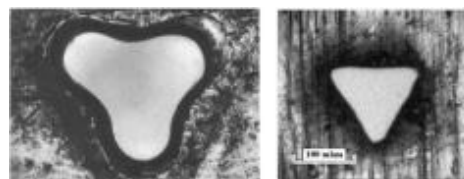


Рисунок 5.13 - Отвори, отримані прошивкою з фокусуванням по масці в пластині з нержавіючої сталі завтовшки 0,3 мм

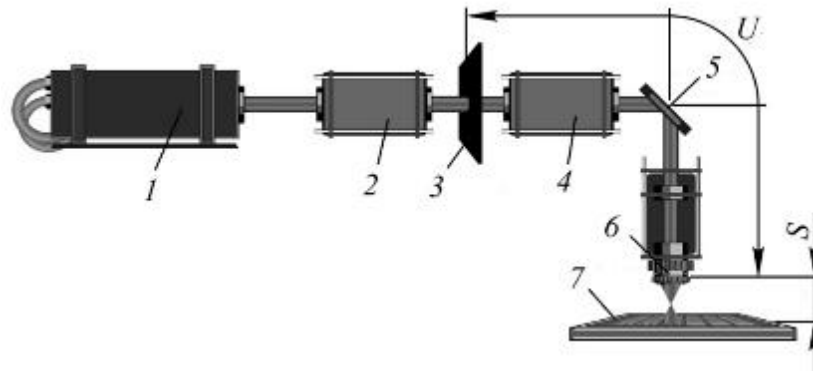


Рисунок 5.14 — Лазерна прошивка фасонних отворів по масці: 1 — лазер; 2, 4 — елементи проекційної оптики; 3 — маска; 5 — поворотне дзеркало; 6 — фокусуюча лінза; 7 — деталь [17]

Схема такої прошивки показана на рис. 5.14. В даному випадку на шляху неспіфокусованого променя встановлюється маска з отвором необхідної форми.

Для потреб аерокосмічної промисловості розроблені лазерні установки з багатокоординатними пристроями ЧПК, наприклад, установка HD - 205 фірм Nuffman має п'ятикоординатний пристрій ЧПК (три лінійні координати (X, Y і Z) і дві обертальні (B і C). Вона оснащена Nd: YAG- лазером P50L потужністю 500 Вт і призначена для обробки отворів в охолоджуваних лопатках турбін і інших деталях.

Нині для прошивки отворів в лопатках турбіни використовують шестикоординатні верстати з ЧПК. Для отримання вихідного променя з середньою потужністю 400 Вт і максимальною енергією імпульсу 35, 70 і 75 Дж з частотою повторення імпульсу 55, 45 і 30 Гц при номінальній тривалості імпульсу 0,5; 1,0 і 1,5 мс використовують два імпульсних Nd: YAG- лазера потужністю 200 Вт, розташованих в конфігурації генератор-підсилювач. Отвори, розміри яких перевищують 0,75 мм, отримують методом трепанації при товщині оброблюваних деталей до 19 мм. Час обробки отвору 0,5 мм при глибині 3,2 мм складає 0,25 с.

6. ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

Визначимо економічну ефективність можливого застосування замість традиційного отримання отворів малого діаметру лазерної прошивки отворів. Запропонований метод отримання вимагає більших капітальних вкладень, але є більш продуктивним.

Вихідні дані наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 Вихідні данні для розрахунку економічної ефективності

Показник	Варіант	
	Традиційне отримання отвору	Отримання отвору за допомоги лазеру
Річний обсяг виробництва деталей, шт.	100	100
Собівартість методу отримання, грн.	50	63
Питомі капітальні вкладення на одиницю продукції, грн.	53	77
Продуктивність методу, тис. деталей	100	500
Термін служби, років	1	1
Річні експлуатаційні витрати споживача, грн.	12,47	3,78
Супутні витрати споживача, грн.	57,0	33,9
Нормативний показник прибутковості інвестицій E	0,15	0,15

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 показник прибутковості інвестицій;

K – питомі капіталовкладення i -го варіанта

$$Z_1 = 50 + 0,15 \times 53 = 57,95 \text{ грн}$$

$$Z_2 = 63 + 0,15 \times 77 = 74,55 \text{ грн}$$

Розрахуємо річний економічний ефект

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

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

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

T_1, T_2 — показники 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.

$$E = \left(57,95 \times \frac{100 \times (0,2 + 0,15)}{100 \times (0,14 + 0,15)} + \frac{12,47 - 3,78 - 0,15 \times (33,9 - 57,0)}{0,14 + 0,15} - 74,55 \right) \times 100 = 1341 \text{ грн}$$

Відповідно річний економічний ефект від впровадження нового методу отримання отворів малого діаметру становить 1341 грн

7. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

На підставі аналізу роботи існуючого устаткування і технологічного процесу на механічній дільниці, згідно ГОСТ 12.0.003-74 (1999) "ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі чинники. Класифікація", виявлені наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники, здатні привести до травм і погіршення здоров'я працівників і завдати шкоди довкіллю:

1. Поразка електрострумом в наслідок виходу з ладу обладнання, порушення проводів. Відсутності заземлення.

Ступінь ураження людини залежить від багатьох факторів: її фізичного стомлення, індивідуального опору впливу електричного струму, частоти струму, часу впливу, шляху проходження через тіло людини, від зовнішніх факторів, наприклад вологості у приміщенні чи наявності у повітрі металевого пилу. У зв'язку з невиконанням правил техніки безпеки при використанні електроустаткування можливі електротравми різного ступеню важкості [17].

2. Механічне травмування працюючих в наслідок:

а) недостатньої уваги під час переміщення по території підприємства, сходах, цеху;

б) існує небезпека падіння співробітників на сходах, підковзування при слизькому взутті або на слизькій підлозі чи сходах після вологого прибирання;

в) недостатнє освітлення в коридорах може ускладнювати переміщення працюючих, а іноді навіть привести до травмування;

г) неуважність та необережність внаслідок перевтома персоналу може стати причиною травмування під час роботи з ручним обрізним інструментом.

3. Під час токарної обробки деталей можливе травмування очей частками пилу або стружкою, що відлітає в процесі обробки матеріалів при роботі без захисних окулярів або щитків.

4. Для роботи «стоячи» характерно тривале статичне напруження м'язів спини, шиї, ніг, та у випадку неправильного переміщення і утримання тулуба під

час роботи, можливе швидке стомлення, ушкодження опорно-рухового апарату, розвиток остеохондрозу хребта.

5. Токсична та дратуюча дія шкідливих речовин, які утворюються під час полірування, шліфування деталей, в умовах застосування недостатньо ефективної припливно-витяжної вентиляції, може викликати збільшення частоти загальних захворювань, а з часом, привести до професійних захворювань.

6. Нервово-психічні навантаження призводять до емоційної напруженості, пов'язаною з високою особистою відповідальністю та високими вимогами до професійних навичок.

7. Монотонність деяких операцій призводить до зниження працездатності, що пов'язано з втратою тонізуючого впливу ЦНС (відчуття нудоти та сонливості, погіршення або втрата концентрації уваги). Незважаючи на одноманітність і простоту операцій, можливе гальмування реакцій людини не тільки під час роботи але й після неї (втрата пам'яті, зниження інтересів, розсіюється увага).

8. Високі температури в літній період року можуть привести до погіршення самопочуття, пітливості, зниженню працездатності.

9. Професійний стрес, причиною якого є порушення режиму праці та відпочинку, може супроводжуватись напруженням вегетативних функцій, підвищенням рівня пульсу, кров'яного тиску.,

10. Ймовірність пожежі у зв'язку з несправністю електричного обладнання, недотримання або порушення правил протипожежної безпеки обслуговуючим персоналом.

11. Неправильні дії персоналу в умовах надзвичайних ситуацій, при ліквідації наслідків таких ситуацій, можуть призвести до виникнення паніки, неадекватним діям травмуванню та, навіть, загибелі людей.

ВИСНОВОК

Згідно з завданням на дипломний проект, детально розроблений технологічний процес виготовлення валу вільної турбіни. Обрано і економічно обгрунтований метод отримання заготовки. Призначено припуски на заготовку. Режими різання і технічні норми часу призначені і визначені за рекомендаціями нормативних документів авіаційної промисловості. Розроблено розрахунково-технологічні карти обробки деталі на верстатах з ЧПК для токарної, фрезерної та свердлильної операції.

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

Виконано спеціальне завдання на тему сучасні технології обробки отворів малого діаметру.

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

Складено альбом технологічної документації на виготовлення валу вільної турбіни.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) для студентів спеціальностей: 8.090205, 8.090203, 8.090214, 7.100102 усіх форм навчання / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексеєнко, Д.В. Павленко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р.. – 78 с.
2. 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: «Вышэйшая 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 проектування 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. <https://ritm-magazine.ru/ru/public/sovremennye-tehnologii-obrabotki-otverstiy-malogo-diametra>

15. <https://helpiks.org/7-54963.html>

16. <https://www.sst-ebeam.com/en/sst-machines/perforation-machines.html>

17. https://www.unistuttgart.de/presse/archiv/themenheft/02/research_on_lasers.pdf

Додаток А

Період. примен.		Формат	Зона	Лист	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №		A1							
Подп. и дата									
Взам. инв. №									
Подп. и дата									
Инд. № подл.									

НУЗП 292232.013

Патрон цанговий с гідрозатиском

Капірдап

Лит. Лист Листов

1 2

НУЗП

гр.М-119М

Формат А4

Формат	Зона	Паз	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Стандартні вироби		
		21		Болт М10		
				ГОСТ 7798-70	3	
		22		Гвинт М10		
				ГОСТ 1491-80	8	
		23		Гвинт М8		
				ГОСТ 1491-80	1	
		24		Гвинт М8		
				ГОСТ 17475-80	2	
		25		Шпонка М4		
				ГОСТ 22032-76	1	
		26		Гвинт М4		
				ГОСТ 17475-80	8	
		27		Манжети		
				ГОСТ 8752-79	6	
		28		Прокладка		
				ГОСТ 9833-73	1	
		29		Прокладка		
				ГОСТ 9833-73	1	
		30		Прокладка		
				ГОСТ 9833-73	1	
		31		Прокладка		
				ГОСТ 9833-73	1	
		32		Прокладка		
				ГОСТ 9833-73	1	
		33		Ось		
				ГОСТ 9650-71	1	
		34		Упор		
				ГОСТ 16898-71	4	
Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № докл.	НУЗП 292232.013		
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Лист	
					2	

Корисність

Формат А1.

ДОДАТОК Б

[illegible]

Формат	Знач	Поз	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
		19		Кранштейн	1	
		20		Гайка	1	
		21		Стійка	1	
		22		Гайка	1	
		23		Корпус	1	
		24		Центр	2	
		25		Гайка	1	
		26		Тяга	1	
		27		Стержень	1	
		28		Палец	1	
		29		Втулка	2	
		30		Стакан	1	
		31		Важіль	1	
		32		Пластина	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		33		Болт М5х10	1	
				ГОСТ 7798-70		
		34		Болт М6х25	1	
				ГОСТ 7798-70		
		35		Болт М8х50	4	
				ГОСТ 7798-70		
		36		Гвинт М8х45	1	
				ГОСТ 1478-80		
		37		Гайка М20	2	
				ГОСТ 5915-70		
Нім	Лист	№ докум	Підп.	Дата	НУЗП 4014.72.013	
					Лист	
					2	

ДОДАТОК В

ОХОРОНА ПРАЦІ ПРОДОВЖЕННЯ

На всіх підприємствах галузі передбачені посадові інструкції, які визначають обов'язки фахівців на робочих місцях, правила безпечного виконання робота, а також правила поведінки при аваріях чи нестандартній ситуаціях. Перед початком роботи кожен працівник зобов'язаний ознайомитись з інструкцією, що відповідає вимогам НАОП 1.4.32-2.01-82 (ОСТ 11 090.028-82) «Інструкція з охорони праці. Порядок розроблення, оформлення та користування» та перевірка знань безпосереднім керівником та пройти первинний інструктаж на робочому місці, згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [B1].

Враховуючи, що найбільш небезпечними для здоров'я є електротравми, то на кожному підприємстві машинобудування приділяється особлива увага питанню забезпечення електробезпеки. Усі заходи з електробезпеки розробляються відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок». Згідно документу усі приміщення поділяються безпечні, підвищеної небезпеки та особливо небезпечні. Адміністративно-побутові приміщення вважаються безпечними (сухе, чисте приміщення з підлогою, що не проводить електричний струм). Механічний цех по електробезпеці вважається приміщенням з підвищеною небезпекою (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пи́л в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога). Для запобігання ураження електричним струмом встановлено електроустаткування, яке відповідає вимогам: ПУЕ («Правила устрою електроустановок»), величина опору захисного заземлення електрообладнання, що працює при напрузі до 1000В, - 4 Ом [B2].

Безпека технологічних процесів і обладнання гарантується правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, матеріалів та робочого процесу, дотриманням ергономічних вимог, а також відповідністю вимогам національних стандартів та «Технічному регламенту безпеки». Згідно «Технічному регламенту

безпеки» обладнання не повинно створювати небезпеки для людей під час встановлення, налагодження, експлуатації та обслуговування згідно з передбачуваними умовами та технологічними вимогами. Крім того, протягом усього строку експлуатації не створювати небезпеки через дію вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин [B3, B4].

Досягається безпека та захист життя і здоров'я людей за рахунок можливого зменшення ризиків (розроблення та вироблення безпечної машини з урахуванням ДСТУ EN 1050:2003 «Безпечність машин. Принципи оцінювання ризику»); застосування всіх необхідних захисних заходів для запобігання виникненню ризиків, які неможливо усунути; та інформування користувачів про залишкові ризики. Відповідальність за дотримання справного стану і безпечну експлуатацію металорізального верстату покладається на керівника підрозділу, за яким закріплений верстат.

Для уникнення можливих травм при контакті з рухомими частинами верстатів передбачені захисні огорожі згідно ДСТУ EN ISO 14120:2017 «Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож» [B5].

Для попередження працюючих про небезпеку передбачена звукова та світлова сигналізація, кольорове оформлення приміщення згідно «Технічний регламент знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» [B6].

Отримати механічні травми різного ступеню важкості можливо при неправильно розташованому обладнанні, у випадку захащення робочих місць деталями чи заготівками, у зв'язку з неуважністю працюючих.

Для виключення травматизму зроблено більш зручне та раціональне розташування робочих місць, таким чином збільшена відстань між ними. Враховано рекомендації ДБН В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення», відстань між верстатами залежить від розміру верстатів і становить не менше – 0,9...1,5 м, що забезпечує безпеку в процесі трудової діяльності. Ширина проїзду на дільниці - 4.5 метрів, ширина

проходів становить 2.5метри. У випадку аварій чи пожежі ширина проходів забезпечує швидку евакуацію людей (СНиП 2.09.02-85* «Виробничі будівлі»). Біля кожного верстата передбачені місця для зберігання тари із заготовками і готовою продукцією, стелажі для зберігання технологічної документації і інструменту. Для роботи сидячи робоче місце оператора має стілець з регульованим нахилом спинки і заввишки сидіння [В7].

Метеорологічні умови в робочому приміщенні цеху визначаються за ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень» [В8, В9].

Для підтримки необхідної температури повітря і компенсації втрат в холодну пору року, передбачено облаштування системи опалювання, поєднаної з припливно-витяжною вентиляцією, відповідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". Вентиляція призначена для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати свіже очищене повітря. За способом переміщення повітря передбачена природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно) вентиляція. У теплий період часу природна і механічна вентиляція забезпечує поданням повітря не менше 20 м³/годину на робітника. На окремих верстатах, зі значних утворенням дрібнодисперсного пилу застосовується місцева вентиляція. Біля входу та проїзних воріт встановлені повітряні завіси, що подають нагріте повітря в холодний період року та прохолодне – в теплий. Застосована центральна система водяного опалювання в адміністративно-побутових приміщеннях [В8, В10].

Допустимі норми температури, вологості і швидкості руху повітря на робочому місці згідно ДСН 3.3.6-042-99 "Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень". При категорії робіт середньої тяжкості температура

повітря 17-23°C, відносна вологість 75%, швидкість повітря 0,1-0,3 м/хв., температура повітря на робочому місці 13-24°C.

Для комфортної безпечної та ефективної роботи, згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» передбачено в механічному цеху природне та штучне освітлення. Природне освітлення має важливе фізіолого-гігієнічне значення для працюючих, в умовах підвищеного навантаження на орган зору. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує розвиток організму в цілому. 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 дільниці механічного цеху застосовуються світильники типу РСП, з газорозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин [В10].

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 [В10].

Заходи з пожежної безпеки для механічного цеху розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [В11].

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.) [В12].

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

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

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 СНіП 2.09.02-85* «Виробничі будівлі» становить 70 метрів [В13].

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 оснащено переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюються його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотних вогнегасників є відсутність слідів гасіння

так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду.

Для механічних цехів та адміністративних приміщень передбачено використання сповіщувачів пожежі, приміщення буде обладнане адресованим автоматичним сповіщувачем ДПП-1, який буде реагувати на дим. Своєчасне виявлення ознак займання й виклик пожежних підрозділів дає змогу швидко локалізувати осередки пожежі та вжити заходи щодо її ліквідації, а отже, створює можливість суттєво зменшити обсяги заподіяної шкоди. Адресований сповіщувач постійно або періодично активно формує сигнал про стан пожежонебезпечності у приміщенні та про власну працездатність із зазначенням свого номера (адреси). Автоматичні пожежні сповіщувачі реагують на фактори, що супроводжують пожежу: підвищення температури, дим, полум'я [B10].

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3) [B14].

Повноваження Кабінету Міністрів України та інших центральних органів виконавчої влади у сфері цивільного захисту, згідно Кодексу цивільного захисту України.

1. До повноважень Кабінету Міністрів України у сфері цивільного захисту належить [B15]:

- 1) керівництво єдиною державною системою цивільного захисту;
- 2) організація здійснення заходів щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;
- 3) встановлення порядку віднесення міст до відповідних груп цивільного захисту, а суб'єктів господарювання – до відповідних категорій цивільного захисту;
- 4) віднесення міст до груп цивільного захисту, затвердження їх переліку;
- 5) створення резерву засобів індивідуального захисту та матеріальних резервів для запобігання та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, визначення їх обсягу і порядку використання;

6) вжиття заходів щодо забезпечення готовності єдиної державної системи цивільного захисту до дій в умовах надзвичайних ситуацій та в особливий період;

7) визначення порядку переведення єдиної державної системи цивільного захисту з режиму функціонування у мирний час на функціонування в умовах особливого періоду;

8) залучення сил цивільного захисту до проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт, ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, гуманітарних операцій за межами України;

9) забезпечення здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалих внаслідок надзвичайних ситуацій;

10) розроблення та здійснення заходів, спрямованих на забезпечення сталого функціонування суб'єктів господарювання в особливий період;

11) забезпечення реалізації вимог техногенної та пожежної безпеки;

12) визначення мобілізаційного завдання для задоволення потреб цивільного захисту та порядку накопичення, зберігання і використання мобілізаційних резервів для потреб цивільного захисту в особливий період;

13) визначення порядку підготовки та здійснення потенційно небезпечних заходів в умовах присутності цивільного населення за участю особового складу Збройних Сил України, інших військових формувань та правоохоронних органів з використанням озброєння і військової техніки;

14) визначення порядку розроблення планів цивільного захисту на особливий період та інших планів у сфері цивільного захисту;

15) затвердження щорічного плану основних заходів цивільного захисту України та плану комплектування з навчання керівного складу та фахівців, діяльність яких пов'язана з організацією та здійсненням заходів з питань цивільного захисту;

16) визначення порядку навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях;

17) здійснення інших повноважень, передбачених цим Кодексом та іншими законодавчими актами.

Стаття 17. Повноваження центрального органу виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

1. До системи центрального органу виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, входять сили цивільного захисту, навчальні заклади та наукові установи, заклади охорони здоров'я (медичні підрозділи) (далі - органи та підрозділи цивільного захисту), які входять до сфери його управління.

2. Центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту:

1) здійснює безпосереднє керівництво діяльністю єдиної державної системи цивільного захисту;

2) формує проекти планів у сфері цивільного захисту державного рівня на мирний час та особливий період і подає їх на розгляд Кабінету Міністрів України, організовує планування заходів цивільного захисту центральними та місцевими органами виконавчої влади;

3) проводить підготовку органів управління функціональних і територіальних підсистем єдиної державної системи цивільного захисту та їх ланок;

4) здійснює оповіщення та інформування центральних та місцевих органів виконавчої влади про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, здійснює методичне керівництво щодо створення і належного функціонування систем оповіщення цивільного захисту різних рівнів;

5) залучає підрозділи пошуково-рятувальних сил та аварійно-рятувальних служб центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій усіх форм власності та координує їх діяльність під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій державного і регіонального рівнів, організовує проведення пошуково-рятувальних робіт та здійснює контроль за їх проведенням;

6) забезпечує гасіння пожеж, рятування людей та надання допомоги в ліквідації наслідків аварій, катастроф, стихійного лиха та інших деяких видів

небезпечних подій, що становлять загрозу життю або здоров'ю населення чи призводять до завдання матеріальних збитків;

7) організовує та забезпечує охорону від пожеж підприємств, установ, організацій та інших об'єктів на підставі договорів;

8) здійснює організацію авіаційного пошуку і рятування повітряних суден, що зазнають або зазнали лиха, координує проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт авіаційними силами і засобами центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій усіх форм власності;

9) бере участь у роботі комісій з розслідування авіаційних подій;

10) здійснює безпосереднє управління заходами з переведення єдиної державної системи цивільного захисту з режиму функціонування у мирний час на функціонування в умовах особливого періоду;

11) бере участь у розробленні мобілізаційного плану держави;

12) розгортає у разі проведення мобілізації спеціальні формування, призначені для виконання окремих завдань цивільного захисту міст, віднесених до груп цивільного захисту, та суб'єктів господарювання, віднесених до категорій цивільного захисту;

13) веде облік осіб, які проходять службу цивільного захисту, а також тих, які уклали контракт про перебування у резерві служби цивільного захисту;

14) визначає потребу в фінансових та матеріально-технічних ресурсах органів та підрозділів цивільного захисту для виконання ними завдань особливого періоду та у разі проведення цільової мобілізації, подає відповідні пропозиції до центрального органу виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері економічного і соціального розвитку;

15) здійснює координацію, організацію та методичне керівництво щодо визначення стану готовності функціональних і територіальних підсистем до вирішення завдань цивільного захисту у мирний час та в особливий період;

16) формує та реалізує заходи державної політики щодо створення, утримання та реконструкції фонду захисних споруд цивільного захисту, ведення їх обліку;

17) формує та реалізує заходи державної політики щодо впровадження інженерно-технічних заходів цивільного захисту, забезпечує нормативно-правове регулювання у цій сфері, здійснює роботу щодо віднесення населених пунктів та об'єктів національної економіки до груп (категорій) з цивільного захисту, надає на запити замовників вихідні дані та вимоги, необхідні для розроблення та проектування цих заходів;

18) формує та реалізує заходи державної політики у сфері радіаційного і хімічного захисту, координує та контролює здійснення заходів щодо захисту населення і територій при виникненні радіаційних аварій та надзвичайних ситуацій, пов'язаних з виливом (викидом) небезпечних хімічних речовин, встановлює вимоги для засобів радіаційного і хімічного захисту населення та аварійно-рятувальних формувань;

19) здійснює прогнозування спільно із центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами місцевого самоврядування, підприємствами, установами, організаціями імовірності виникнення надзвичайних ситуацій, визначає показники ризику та здійснює районування території України щодо ризику виникнення надзвичайних ситуацій;

20) здійснює реалізацію державної політики стосовно заходів з евакуації населення, координує діяльність центральних та місцевих органів виконавчої влади, суб'єктів господарювання з цих питань;

21) забезпечує у межах своїх повноважень реалізацію державної політики з питань медичного та біологічного захисту населення у разі виникнення надзвичайних ситуацій;

22) здійснює ліквідацію медико-санітарних наслідків надзвичайних ситуацій, надання екстреної медичної допомоги у зоні надзвичайної ситуації (осередку ураження) постраждалим та рятувальникам, заходи з медичного забезпечення (лікувально-профілактичні, санітарно-гігієнічні, медичне постачання та санаторно-курортне лікування) осіб рядового і начальницького складу, ветеранів служби цивільного захисту (війни) та членів їхніх сімей;

23) видає експертні висновки про рівень надзвичайної ситуації, веде їх облік;

24) забезпечує виконання заходів з мінімізації та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з технологічними терористичними проявами та іншими видами терористичної діяльності під час проведення антитерористичних операцій, проводить просвітницьку та практично-навчальну роботу з метою підготовки населення до дій в умовах вчинення терористичного акту;

25) виконує піротехнічні роботи, пов'язані зі знешкодженням вибухонебезпечних предметів, що залишилися на території України після воєн, сучасних боєприпасів та підривних засобів (крім вибухових пристроїв, що використовуються в терористичних цілях), крім територій, які надані для розміщення і постійної діяльності військових частин, установ, військових навчальних закладів, підприємств та організацій Збройних Сил України, інших військових формувань, затверджує порядок організації таких робіт та порядок взаємодії під час їх виконання;

26) затверджує статут дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту;

27) затверджує порядок організації внутрішньої, гарнізонної та караульної служб у підпорядкованих органах та підрозділах;

28) здійснює атестацію та сертифікацію аварійно-рятувальних служб і рятувальників;

29) здійснює контроль за готовністю авіаційних сил та засобів пошуку і рятування до проведення пошуку і рятування, за організацією пошуково-рятувального забезпечення польотів повітряних суден авіації центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ та організацій усіх форм власності;

30) вносить до відповідних органів пропозиції щодо припинення польотів у разі порушення вимог нормативних документів з питань пошуково-рятувального забезпечення до усунення недоліків;

31) затверджує порядок організації використання авіаційних сил і засобів для проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт на території України;

32) проводить експертизи надзвичайних ситуацій та визначає їх рівні;

33) затверджує загальнодержавні правила техногенної та пожежної безпеки, а також вимоги, інструкції і методики, інші нормативно-правові акти у сфері техногенної та пожежної безпеки, які є обов'язковими для всіх підприємств, установ, організацій;

34) здійснює нормативно-правове регулювання щодо порядку організації та здійснення державного нагляду у сферах пожежної і техногенної безпеки, дозвільно-реєстраційної діяльності, оформлення матеріалів про адміністративні правопорушення, порядку та умов застосування запобіжних заходів;

35) затверджує перелік критеріїв, за якими проводиться розмежування категорій зон радіоактивно забруднених територій;

36) затверджує відомчі норми і правила щодо фізичного захисту ядерних установок, ядерних матеріалів, радіоактивних відходів, інших джерел іонізуючого випромінювання;

37) здійснює виконання актів Верховної Ради України, Президента України про надання Україною гуманітарної допомоги іншим державам, у тому числі організовує закупівлю послуг із завантаження, вивезення та складування вантажів, здійснює їх супроводження до місця призначення та передачу отримувачам гуманітарної допомоги;

38) затверджує перелік центрів медико-психологічної реабілітації, порядок проходження медико-психологічної реабілітації, положення про медико-психологічну реабілітацію та відповідність санаторно-курортних установ вимогам медико-психологічної реабілітації;

39) забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері промислової безпеки, гігієни праці та виробничого середовища;

40) забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері гідрометеорологічної діяльності;

41) забезпечує формування державної політики у сфері профілактики травматизму невиробничого характеру, здійснює моніторинг стану травматизму невиробничого характеру, його причин та наслідків;

42) визначає основні напрями розвитку відомчої науки, виступає замовником наукових робіт, бере участь у проведенні прикладних науково-дослідних робіт щодо всебічного розвитку напрямів своєї відповідальності, розробляє та затверджує галузеві стандарти з питань цивільного захисту, рятувальної справи та гідрометеорологічної діяльності;

43) організовує та визначає порядок проведення професійної підготовки, підвищення кваліфікації та перепідготовки осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту;

44) організовує навчання з питань цивільного захисту посадових осіб центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування і суб'єктів господарювання, організовує розроблення, розглядає та затверджує програми з навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях, організовує та контролює їх виконання;

45) встановлює порядок підготовки, перепідготовки та підвищення кваліфікації осіб рядового і начальницького складу служби цивільного захисту;

46) здійснює функції з організації та навчально-методичного забезпечення навчання (підвищення кваліфікації за цільовим призначенням) керівних кадрів і фахівців центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ та організацій, на яких поширюється дія законів у сфері цивільного захисту, затверджує навчальні плани і програми післядипломної професійної освіти;

47) затверджує навчальні програми перепідготовки та підвищення кваліфікації робітничих кадрів сфери цивільного захисту;

48) затверджує типові положення про територіальні курси, навчально-методичні центри цивільного захисту та безпеки життєдіяльності;

49) затверджує освітньо-професійні програми підготовки магістрів для професійної діяльності на державній службі у сфері цивільного захисту в межах напрямку підготовки "Державне управління";

50) бере участь у формуванні державного оборонного замовлення;

51) здійснює реалізацію державної політики стосовно державної таємниці, контроль за її збереженням в апараті центрального органу виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, територіальних органах, спеціальних формуваннях і підрозділах, на підприємствах, в установах та організаціях, що належать до сфери його управління;

52) здійснює міжнародне співробітництво у сфері цивільного захисту;

53) створює та веде Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів;

54) здійснює інші повноваження відповідно до Конституції та законів України.

Таким чином, необхідність вирішення питань безпеки зумовлює формування цілісної системи знань з проблем охорони праці, необхідних для прийняття за будь-яких умов обґрунтованих рішень щодо безпеки на рівні людини, колективу, підприємства, галузі, регіону й суспільства в цілому. У сфері виробничої діяльності рівень виробничого травматизму залишається високим, що є наслідком дії ряду чинників. До них можна віднести недоліки в організації праці, порушення трудової і технологічної дисципліни, недостатню навченість персоналу, відсутність нагляду й контролю за безпечним виконанням робіт. Дотриманням норм законодавства України, виконання зазначених правил та вимог дасть можливість зберегти здоров'я протягом всієї трудової діяльності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ДО ДОДАТКУ В

В1. 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.

В2. НПАОП 0.00-4.12-05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнаглядохоронпраці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В3. ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В4. 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 .

В5. Технічний регламент безпеки машин [Електронний ресурс] – Чинний від 2013-08-12. : станом на 11.07.2018 р. – К. : КМ України, 2013. – 76 с. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/62-2013-п> – (Постанова)

В6. ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

В7. 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).

В8. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум. [Текст] : Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2009. – 540

В9. 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>.

В10. ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В11. Жидецкий В. Ц. Основы охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-39

В12 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)

В13. 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)

В14. 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)

В15. 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)

В16. Кодекс цивільного захисту України : Закон України від 02.10.2012 р. № 5403-VI. Редакція від: 01.01.2018. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5403-17>.

В17. Автоматический контроль в механообрабатывающих ГПС: монография / В.Г. Хомченко, А.В. Федотов. - Омск: Изд-во ОмГТУ, 2010. - 160 с.