

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

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

Кафедра «Технологія машинобудування»
(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

другий (магістерський)
(ступінь вищої освіти)

на тему Технологічні особливості виготовлення деталі «Втулка стяжна»

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

Спеціальності Прикладна механіка
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)
«Технології машинобудування»

Варави Н.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник Дядя С.І.
(прізвище та ініціали)

Рецензент Матюхін А.Ю.
(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 Дядя С.І.
 « _____ » _____ 20__ року

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

Варава Наталія Анатоліївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Технологічні особливості виготовлення деталі «Втулка стяжна»

керівник проєкту (роботи) Дядя С.І. 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 «Втулка стяжна»

Річна програма випуску 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 Дядя С.І.		
7	Доцент Шмирко В.І.		
Нормоконтроль	Доцент Пухальська Г.В.		

7. Дата видачі завдання « 01 » 10 2020 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)

_____ (підпис)

Варава Н.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи)

_____ (підпис)

Дядя С.І.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 104 с., 37 рисунків, 10 таблиць, 3 додатків, 17 посилань.

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

Об'єкт дослідження – втулка стяжна.

Мета магістерської роботи – проектування технологічного процесу з врахуванням особливостей конструкції втулки стяжної; вивчення впливу тонкої стінки деталі на особливості її виготовлення.

Метод дослідження - розрахунково-аналітичний; віртуальна візуалізація експлуатаційного навантаження деталі; віртуальне відображення процесів механічної обробки втулки стяжної.

В магістерській роботі спроектовано технологічний процес виготовлення втулки стяжної, обрано обладнання, інструмент, розраховані режими різання, норми часу, спроектовано робоче та контрольне пристосування, проведено розрахунок деталі на міцність за допомогою комп'ютерного моделювання, запропоновані рекомендації та обладнання для електроерозійної обробки отворів малого діаметру і заходи щодо автоматизації та механізації процесу, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	10
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	11
1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі	16
1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність	16
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.4.3 Маршрут обробки заготовки	22
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	22
1.6 Розрахунок режимів різання	29
1.7 Розрахунок технічної норми часу	42
1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM	45
1.8.1 Розробка токарної операції	45
1.8.2 Розробка фрезерної операції	47
2 Конструкторська частина	50
2.1 Проектування робочого пристосування	50
2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	50
2.1.2 Розрахунок пристосування на точність	51
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску	53
2.2 Проектування контрольного пристосування	57
3 Автоматизація операцій контролю	60
4 Розрахунок на міцність. Визначення НДС деталі	71
5 Електроерозійна обробка отворів малого діаметру	72

6	Оцінка очікуваної ефективності від впровадження	80
7	Охорона праці	82
	Висновок	83
	Перелік джерел посилання	84
	Додаток А. Специфікація на робоче пристосування	86
	Додаток Б. Специфікація на контрольне пристосування	87
	Додаток В. Продовження охорони праці	89

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

ДСТУ - Державний стандарт України

ЕЕО - електро-ерозійна обробка

ЕІ - електрод інструмент

КВП - контрольне вимірювальне пристосування

ККД - коефіцієнт корисної дії

МВД - маршрут виготовлення деталі

МЕП - між електродний проміжок

МОП - маршрут обробки поверхонь

МОР - мастильна-охолоджуюча рідина

НДС - напружено деформований стан

НПАОП - нормативні акти про охорону праці

ПО - програмне забезпечення

СПІД - станок пристрій інструмент деталь

ССБТ - система стандартів безпеки труда

УЗ - ультразвукові

ЦНС - центральна нервова система

ЧПК - числове програмне керування

ВСТУП

Підвищення експлуатаційних характеристик авіаційних двигунів: енергоозброєності, ресурсу, надійності і економічності при одночасному забезпечення ефективності їх серійного виробництва, є однією з найважливіших задач розвитку і конкурентоспроможності авіаційної техніки під час переходу до ринкової економіки.

Реалізація поставленого завдання супроводжується ускладненням конструкції виробів, посиленням норм точності, оптимізацією запасів міцності деталей, застосуванням нових матеріалів, що в свою чергу вимагає випускування технічних рішень, спрямованих на зниження собівартості виготовлення як деталей і вузлів, так і всього виробу в цілому. Необхідно також підвищувати надійність найбільш навантажених деталей двигуна, що в свою чергу дозволить підвищити надійність всього двигуна. З метою зниження собівартості виготовлення двигунів, доцільно проводити автоматизацію окремих технологічних операцій і економічне обґрунтування прийнятих рішень.

Пріоритетними напрямками при вирішенні поставленого завдання в даний час і в найближчому майбутньому є:

- підвищення технологічності конструкції створюваних виробів;
- розробка безвідходних і малоенергоємних технологій;
- застосування без припускних. в тому числі і складових заготовок;
- розробка і впровадження прогресивних методів механічної, електричної та світло променевої обробки важкооброблюваних сталей і сплавів;
- використання високопродуктивного і точного обладнання;
- механізація ручної праці;
- автоматизація трудомісткого контролю;

З урахуванням викладеного, був розроблений технологічний процес виготовлення втулки стяжної сучасного газотурбінного двигуна в серійному виробництві.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Втулка стяжна - деталь двигуна, що призначена для передачі обертаючого моменту, між валами. Для цього в конструкції втулки стяжної передбачені шліці (рис. 1.1). Більшість втулок - це деталі механізмів, які обертаються, на них зазвичай закріплюються деталі, що безпосередньо беруть участь в передачі моменту (зубчасті колеса, шківи, зірочки ланцюгових передач і тому подібне). З креслення видно, що усі поверхні деталі піддаються механічній обробці. В технічних вимогах приведені дані, що дають можливість визначити вид хіміко-термічної обробки. Крім того, технічні вимоги містять інформацію про документи, по яких можна визначити невказані граничні відхилення розмірів гладких і різьбових поверхонь.

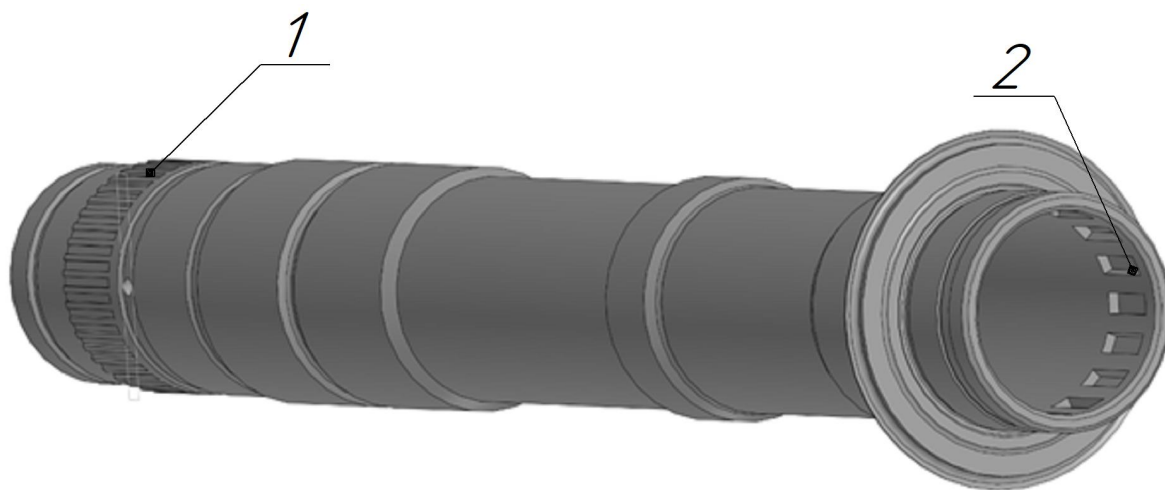


Рисунок 1.1 – Тривимірна модель втулки стяжної

Хімічний склад, механічні та фізичні властивості матеріалу показані в таблицях 1.1 – 1.3.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 30ХГСА ГОСТ 4543 - 71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.28 - 0.34	0.9 - 1.2	0.8 - 1.1	до 0.3	до 0.025	до 0.025	0.8 - 1.1	до 0.3

Таблиця 1.2 – Механічні властивості при T=20°C матеріалу 30ХГСА ГОСТ 4543 - 71

Сортамент	Розмір мм	Напр.	s _B МПа	s _T МПа	d ₅ %	y %	KCU кДж / м ²	Термообр.
Пруток, ГОСТ 4543-71	Ø 25		1080	830	10	45	490	Закалка 880°C, мастило, відпуск 540°C, вода,

Таблиця 1.3 – Фізичні властивості матеріалу 30ХГСА ГОСТ 4543 - 71

T Град	E 10 ⁻⁵ МПа	a 10 ⁶ 1/Град	l Вт/(м·град)	r кг/м ³	C Дж/(кг·град)	R 10 ⁹ Ом·м
20	2.15		38	7850		210

1.2 Вибір типу виробництва та форми організації робіт

Данні для розрахунку:

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

маса деталі..... $q = 1,75$ кг

Технологічний процес розробляємо виходячи з типу виробництва і форми організації.

Попередньо, враховуючи масу деталі і програму випуску приймаємо дрібносерійний тип виробництва [1].

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою [1]:

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

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

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

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

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 втулки стяжної, оптимальними є заготовки, отримані одним з методів прокату, так як матеріал – легована сталь 30 ХГСА. Виходячи з цього, заготовки можуть бути отримані одним з методів прокату.

Остаточний вибір методу отримання заготовки проводиться на підставі економічного розрахунку шляхом порівняння собівартості деталей, отриманих різними методами. Визначаємо припуски і розрахуємо масу заготовки, отриману будь-яким способом. Заготовка з круглого прокату. Попередньо визначаємо розміри заготовки (рис. 1.2) [2, табл 1.2 стор. 11].

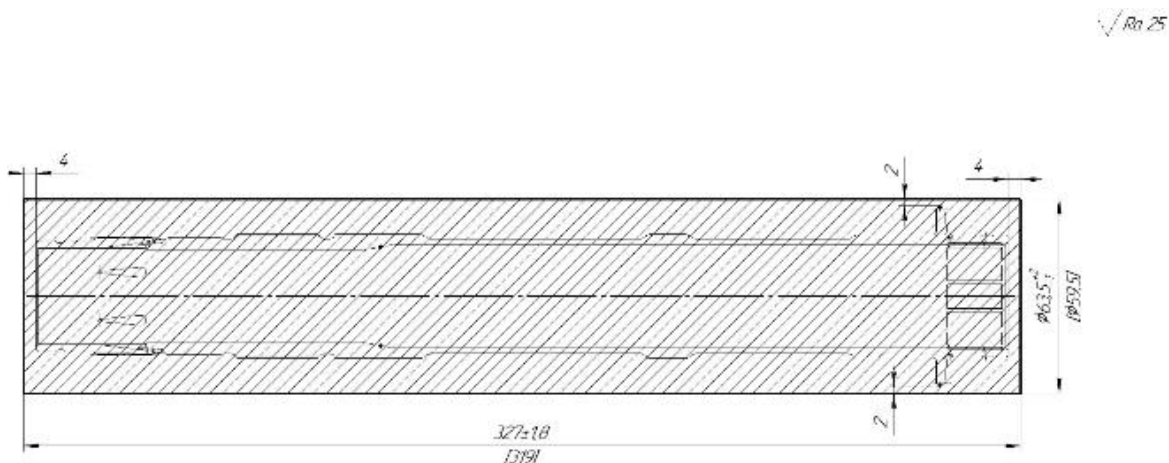


Рисунок 1.2 – Ескіз заготовки з круглого прокату

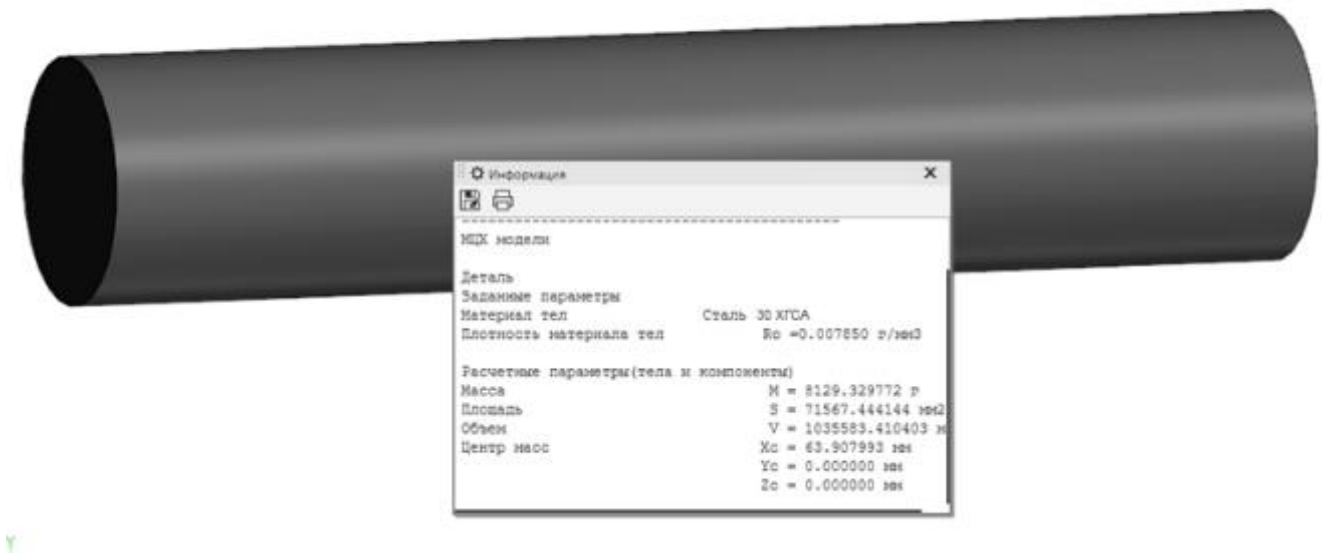


Рисунок 1.3 – Тривимірна модель заготовки, що отримана з круглого прокату

Собівартість виготовлення визначається за формулою [1]:

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

де C_B -базова собівартість 1т заготовки, $C_B=10000$ грн/т;

Q -маса заготовки, $Q=8,13$ кг;

q -маса деталі, $q=1,75$ кг;

K_T - показник, що рахує клас точності $K_T=1$, [2, табл. 1.6, с.14];

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

K_B - показник, що рахує масу заготовки $K_B=1$, [2, табл. 1.8, с.14];

K_P - показник, що рахує програму випуску $K_P=0,5$, [2, табл. 1.9, с.15];

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

$$C_1 = \frac{10000}{1000} \times 8,13 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (8,3 - 1,75) \times \frac{1400}{1000} = 90,43 \text{ грн}$$

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

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

$$K_{\text{BM}} = \frac{1,75}{8,13} = 0,21$$

Ескіз заготовки отриманої з трубного прокату показано на рис. 1.4
віртуальне зображення моделі на рис. 1.5.

√ R_a 25

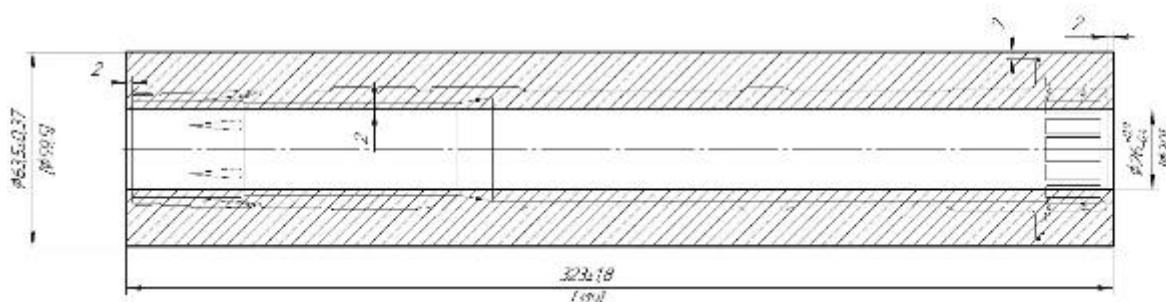


Рисунок 1.4 – Ескіз заготовки, що отримана з трубного прокату



Рисунок 1.5 – Тривимірна модель заготовки, що отримана з трубного прокату

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

$$C_2 = \frac{11000}{1000} \times 6,68 \times 1 \times 2,4 \times 1 \times 0,5 - (6,68 - 1,75) \times \frac{1400}{1000} = 81,28 \text{ грн}$$

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]; $C_6=11000 \text{ грн/т}$; $q=1,75 \text{ кг}$; $Q=6,68 \text{ кг}$; $S_{\text{відх}}=1400 \text{ грн/т}$.

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

$$K_{BM} = \frac{1,75}{6,68} = 0,26$$

Приведені витрати на одну заготовку складають: в 1-му варіанті $C_1=90,43 \text{ грн}$; в 2-му варіанті $C_2= 81,28 \text{ грн}$; $C_1 > C_2$; $K_{BM1} < K_{BM2}$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Порівняльні показники отримання заготовок двома методами

Показники	Позначення	Одиниці вимірювання	Варіанти	
			Круглий прокат	Трубний прокат
Маса деталі	q	кг	1,75	1,75
Маса заготовки	Q	кг	8,13	6,68
Показник використання матеріала	K_{BM}	—	0,21	0,26
Базова ціна 1т заготовок	B_6	Грн.	10000	11000
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.	90,43	81,28

За значенням показника використання матеріалу та собівартістю переважає трубний прокат. Він забезпечує річну економію за собівартістю [1]:

$$\mathfrak{Z} = (C_1 - C_2) \cdot N \quad (1.4)$$

де N – річна програма виготовлення заготовок

$$\mathfrak{Z} = (90,43 - 81,28) \cdot 100,00 = 915 \text{грн.}$$

Річна економія за використанням матеріалу [1]:

$$M_{\mathfrak{z}} = \frac{q \cdot (K_{\mathfrak{z}m_2} - K_{\mathfrak{z}m_1})}{K_{\mathfrak{z}m_1} \cdot K_{\mathfrak{z}m_2}} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_{\mathfrak{z}} = \frac{1,75 \cdot (0,26 - 0,21)}{0,26 \cdot 0,21} \cdot 100,00 = 160,25 \text{кг.}$$

1.4 Проектування технологічного маршруту обробки деталі

1.4.1 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Сталь 30ХГСА задовільно обробляється різанням. Деталь має велику кількість концентраторів напружень, відноситься до тіл обертання. Є нежорсткою, має тонку стінку, та наскрізний отвір вздовж всієї деталі.

При оцінці якісних показників слід зазначити наступне [1]: деталь має складну геометричну форму; внаслідок великої довжини та тонкої стінки вона є нежорсткою; має нормальну точність геометричних розмірів; усі елементи деталі

За результатами якісної оцінки можна прийти до висновку, що деталь нетехнологічна перш за все тому що тонкостінна.

Показник використання матеріалу [1] було визначено за формулою (1.3):

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

$$K_{BM} = 0,26 < 0,8$$

По цьому показнику деталь не технологічна.

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

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

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

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

За цим показником деталь технологічна.

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 [1] (1.8):

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

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

Σn – 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 Маршрут обробки заготовки

Для поверхні $\varnothing 38,5n5$ шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [2, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 0,74$ мм, шорсткість деталі $R_a = 0,4$ мкм, допуск $Td = 0,011$ мм.

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

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

де Td_3 , Td_0 – допуски на заготовку та деталь відповідно [1].

$$\varepsilon_d = \frac{0,74}{0,011} = 67,27.$$

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

де Ra_3 , Ra_0 – шорсткість на заготовку та деталь відповідно [1].

$$\varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,4} = 62,5$$

Найбільше уточнення маємо за показником геометричної точності. За цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.13) [1]:

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

$$k = 2 \cdot \lg 67,27 = 3,65$$

Приймаємо $k = 4$

Різниця класів шорсткості та їх розподіл $IT = IT_{16} - IT_5 = 11 = 3 + 3 + 3 + 2$

Встановлюємо послідовність показників точності: $IT_{16} - IT_{13} - IT_{10} - IT_7 - IT_5$

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

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

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

$$\varepsilon_{d2} = \frac{0,74}{0,33} = 2,3$$

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

Для інших переходів уточнення розраховується так само.

Результати розрахунків заносимо в таблицю 1.5.

Для поверхні Ø30H11 шорсткість заготовки $R_a = 25$ мкм, [2, табл.3.7, с.19], допуск $Td_3 = 1,3$ мм, шорсткість деталі $R_a = 3,2$ мкм, допуск $Td = 0,13$ мм.

Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості за формулами (1.11), (1.12) [2]:

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

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{3,2} = 7,81$$

Найбільше уточнення маємо за показником геометричної точності. За цим показником розраховуємо k переходів за формулою (1.13):

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

Приймаємо $k = 2$

Різниця квалітетів точності 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 [2, табл.3.7, с.19] призначаємо допуски та шорсткість за переходами, дані заносимо в табл. 1.4. Визначаємо уточнення за показниками точності та шорсткості для точіння чорнового:

$$\varepsilon_{d2} = \frac{1,3}{0,82} = 159$$

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

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

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі.

Проектування маршруту виготовлення деталі (МВД) являє собою багатофакторну техніко-економічну задачу з великою кількістю варіантів розв'язання.

Етапний маршрут виготовлення втулки стяжної:

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 МВД, призначив метод механічної обробки.

Маршрут виготовлення деталі втулка стяжна показано на кресленні НУЗП 711003.002

1.5 Розрахунок припусків та технологічних розмірів

Припуски на одну поверхню визначають розрахунково-аналітичним методом.

Розрахунково-аналітичний метод [1]:

Зовнішня діаметральна поверхня $\varnothing 38,5n5^{+0,028}_{+0,017}$

Для заготовки нормативні значення $Rz=100\text{мкм}$ и $h=200\text{мкм}$ приймаємо в залежності від маси заготовки.

Просторові відхилення заготовки визначаємо, як суму допустимих значень похибки розміру від зміщення $\rho_{\text{см}}$ та короблення $\rho_{\text{кор}}$. Для штамповки

нормальної точності (серійне виробництво) [2, 3]: $\rho_{\text{см}}=600\text{мкм}$, $\rho_{\text{кор}}=\Delta_k \times l = 3 \times 78 = 234\text{мкм} = 0,234\text{мм}$.

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

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

$$\rho_1 = \sqrt{600^2 + 234^2} = 644,02\text{мкм} = 0,644\text{мм}$$

Отримані значення заносимо в таблицю

Для точіння чорнового нормативні значення R_z , h : $R_{z2}=50\text{мкм}$, $h_2=50\text{мкм}$, $\rho_2=k_y \times \rho_1 = 0,06 \times 644 = 38,64\text{мкм} = 0,038\text{мм}$, $k=0,06$ – коефіцієнт уточнення.

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

$$\varepsilon_2 = 0,25 \times \sqrt{Td_{\text{заг}}^2 + 1} \quad (1.16)$$

де $Td_{\text{заг}}=3,6\text{мм}$ – допуск бази заготовки.

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

Для точіння напівчистового нормативні значення R_z , h , приймаємо [2, 3]: $R_{z3}=25\text{мкм}$, $h_3=25\text{мкм}$, $\rho_3=1,93\text{мкм}$, $\varepsilon_3=41,76\text{мкм}$.

Для шліфування чорнового нормативні значення R_z , h , приймаємо [2, 3]: $R_{z4}=10\text{мкм}$, $h_4=10\text{мкм}$, $\rho_4=0\text{мкм}$, $\varepsilon_3=2,09\text{мкм}$.

Для шліфування чистового нормативні значення R_z , h , приймаємо [2, 3]: $R_{z5}=5\text{мкм}$, $h_5=5\text{мкм}$, $\rho_5=0\text{мкм}$, $\varepsilon_5=0\text{мкм}$.

Мінімальний припуск визначаємо:

$$2Z_{imin} = 2 \cdot \left(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right)$$

де, Rz_{i-1} – шорсткість за i -тим переходом;

h_{i-1} – глибина дефектного слою за i -тим переходом;

ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень за i -тим переходом;

ε_i – похибка встановлення заготовки за i -тим переходом;

Для точіння чорнового:

$$2Z_{1min} = 2[50 + 50 + \sqrt{(644^2 + 696^2)}] = 2096 \text{ мкм} = 2,096 \text{ мм}$$

Для точіння напівчистового:

$$2Z_{2min} = 2[25 + 25 + \sqrt{(38,64^2 + 41,76^2)}] = 213,79 \text{ мкм} = 0,214 \text{ мм}$$

Для шліфування чорнового:

$$2Z_{3min} = 2[10 + 10 + \sqrt{(1,93^2 + 2,09^2)}] = 45,69 \text{ мкм} = 0,046 \text{ мм}$$

Для шліфування чистового:

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

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки [2, 3]:

$$d_5^{\min} = d_5^{\text{ном}} + \text{eid}_5 = 38,5 + (+0,017) = 38,517 \text{ мм}$$

Далі розрахункові мінімальні розміри знаходимо по формулі (1.16) [2, 3]:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} + 2z_{i+1}^{\min} \quad (1.16)$$

$$d_4^{\min} = 38,517 + 0,02 = 38,537_{\text{мм}};$$

$$d_3^{\min} = 38,537 + 0,046 = 38,583_{\text{мм}};$$

$$d_2^{\min} = 38,583 + 0,214 = 38,797_{\text{мм}};$$

$$d_1^{\min} = 38,797 + 2,096 = 40,893_{\text{мм}};$$

Розраховуємо максимальні розміри поверхні для переходів по формулі (1.17) [2, 3]:

$$d_i^{\max} = d_i^{\min} + Td_i \quad (1.17)$$

$$d_5^{\max} = 38,517 + 0,011 = 38,528_{\text{мм}};$$

$$d_4^{\max} = 38,537 + 0,033 = 38,57_{\text{мм}};$$

$$d_3^{\max} = 38,583 + 0,084 = 38,667_{\text{мм}};$$

$$d_2^{\max} = 38,797 + 0,33 = 39,127_{\text{мм}};$$

$$d_1^{\max} = 40,893 + 0,74 = 41,633_{\text{мм}};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.18) [2, 3]:

$$2z_i^{\max} = d_{i-1}^{\max} - d_i^{\max} \quad (1.18)$$

$$2z_2^{\max} = 41,633 - 39,128 = 2,505_{\text{мм}};$$

$$2z_3^{\max} = 39,127 - 38,667 = 0,460_{\text{мм}};$$

$$2z_4^{\max} = 38,667 - 38,57 = 0,097_{\text{мм}};$$

$$2z_5^{\max} = 38,57 - 38,528 = 0,042_{\text{мм}};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи формулу (1.19) [2, 3]:

$$2Z_0^{\max} - 2Z_0^{\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}} \quad (1.19)$$

$$3116 - 2365 = 740 + 11$$

Визначаємо виконавчий розмір заготовки за формулою (1.20) [2, 3]:

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{min}} + ei_1 \quad (1.20)$$

$$d_{1\text{ном}} = d_{1\text{min}} + ei_1 = 40,9 + 0,37 = 41,27\text{мм}$$

Виконуючий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 41,27 \pm 0,37$ виконуючі розміри за іншими переходами виконуємо в системі «валу», за номінальний розмір приймається максимальне значення розміру поверхні мінус допуск на обробку як нижнє відхилення, всі данні заносимо в таблицю

Розрахунок поверхні $\varnothing 30H11$ виконуємо табличним методом [1]. За [2, табл. 27, с. 186] знаходимо мінімальні припуски механічної обробки:

Розточування чорнове $2Z_{2\text{min}}=1,5\text{мм}$ [2, 3];

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

Визначаємо мінімальний розмір поверхні деталі – розмір останнього переходу механічної обробки за формулою (1.21) [2, 3]:

$$d_4^{\min} = d_4^{\text{ном}} + eid_4 \quad (1.21)$$

$$d_4^{\min} = 30 + 0 = 30\text{мм}$$

Далі розраховуємо мінімальні розміри за формулою (1.22) [2, 3]:

$$d_i^{\min} = d_{i+1}^{\min} - 2_{i+1}^{\min} - Td_i \quad (1.22)$$

$$d_3^{\min} = 30 - 0,45 - 0,82 = 28,73\text{мм};$$

$$d_1^{\min} = 28,73 - 1,5 - 1,3 = 25,93\text{мм};$$

Далі розраховуємо максимальні розміри за формулою (1.23) [2, 3]:

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i \quad (1.23)$$

$$d_1^{max} = 25,93 + 1,3 = 27,23\text{мм};$$

$$d_3^{max} = 28,73 + 0,82 = 29,55\text{мм};$$

$$d_4^{max} = 30 + 0,13 = 30,13\text{мм};$$

Розраховуємо максимальні припуски для переходів механічної обробки за формулою (1.24) [2, 3]:

$$2Z_{imax} = d_i^{max} - d_{i+1}^{min} \quad (1.24)$$

$$2Z_{max2} = 29,55 - 25,93 = 3,62\text{мм};$$

$$2Z_{max3} = 30,13 - 28,73 = 1,40\text{мм};$$

Перевіряємо розрахунки, використовуючи формулу (1.25) [2, 3]:

$$2Z_0^{max} - 2Z_0^{min} = Td_{заг} + Td_{дет} \quad (1.25)$$

$$4,54 - 3,11 = 1,3 + 0,13$$

Виконуючий розмір заготовки буде дорівнювати: $\varnothing 25,9_{-0,4}^{+0,9}$ виконуючи 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

№ Пов.	Перехід	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Допуск, мм	Макс. розмір, мм	Мінім. розмір, мм	Припуск на обробку, мкм		Виконавчий розмір, мм
		R_z	h	ρ	ϵ	Мін. припуск, мкм	Розмір, мм				$2Z_{max}$	$2Z_{min}$	
Ø38,5n5	Заготовка	100	140	500	-	-	40,893	0,74	41.633	40,893	-	-	Ø41,27 ± 0,74
	Т/О	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Точ.чорн.	50	50	30	696	2096	38,797	0,53	39.127	38,797	2505	2096	Ø38,8 _{-0,53}
	Точ. напів/чист	25	25	1,5	41,76	214	38,583	0,084	38.667	38,583	460	214	Ø38,7 _{-0,084}
	Шліф. чорнове	10	10	0	2,1	46	38,537	0,033	38.57	38,537	97	46	Ø38,6 _{-0,033}
	Шліф. чистове	5	5	0	0	20	38,517	0,011	38.528	38,517	42	20	Ø38,5 _{+0,028 +0,017}
Ø30H11	Заготовка					-	25,93	1,3	27,23	25,93	-	-	Ø25,9 _{+0,9 -0,4}
	Т/О					-	-	-	-	-	-	-	-
	Росточ.чорн.					1500	28,73	0,82	29,55	28,73	3620	1500	Ø28,4 _{+0,82}
	Росточ. п/чист					450	30	0,13	30,13	30	1400	450	Ø29,7 _{+0,24}

1.6 Розрахунок режимів різання

Матеріал деталі – легована сталь 30ХГСА

Операція 015 Токарна з ЧПК

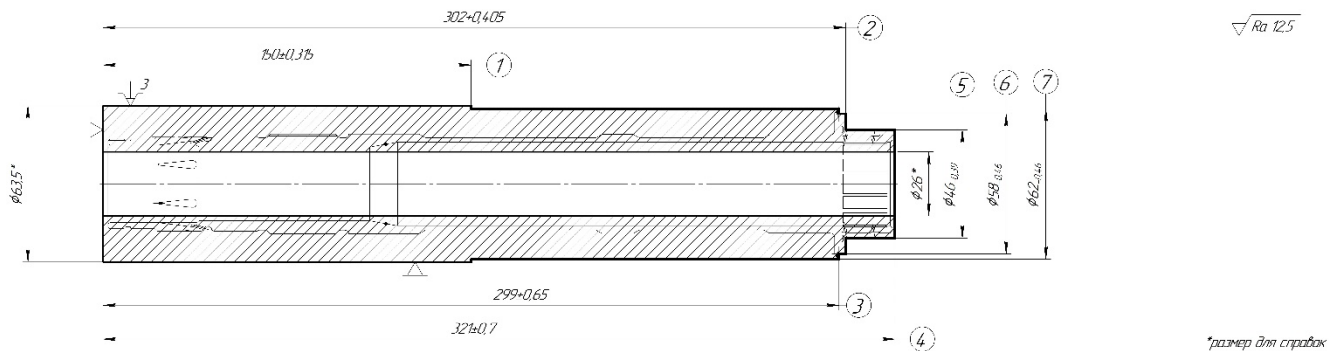


Рисунок 1.6 – Ескіз операції №015 Токарна з ЧПК

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК АТПр 2М12СН1.

Заготовка затискається в спеціальному пристрої.

Точити поверхні 1,2,3,4,5,6,7

Інструмент – різець розточний упорний з пластиною з твердого сплава

T5K10

Глибина різання $t_1=1,5$ мм

Подача розраховується за формулами (1.26),(1.27) [13]:

$$S_o = S_{o_T} \times K_{S_o} \quad (1.26)$$

$$K_{S_o} = K_{S_{II}} \times K_{S_{II}} \times K_{S_{\phi}} \times K_{S_3} \times K_{S_{Ж}} \times K_{S_M} \quad (1.27)$$

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

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

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

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

K_{S_3} – показник, що рахує вплив заправки, $K_{S_3}=0,8$ [13];

$K_{S_{Ж}}$ – показник, що рахує жорсткість технологічної системи, $K_{S_{Ж}}=0,83$ [13];

K_{SM} – показник, що рахує

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 резання за формулою (1.28), (1.29) [13]:

$$V = V_T \times K_V \quad (1.28)$$

$$K_V = K_{VM} \times K_{VI} \times K_{V\Phi} \times K_{VT} \times K_{VЖ} \times K_{V\Pi} \times K_{VO} \quad (1.29)$$

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 оброблюваності матеріалу, $K_{VM}=0,8$ [13];

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

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

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

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

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

K_{VO} – показник, що рахує вплив МОР, $K_{VO}=1,0$ [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 шпинделя за формулою (1.30) [13]:

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

де, V - швидкість різання, м/хв

D - діаметр обробки, мм

$$n = \frac{1000 \times 80,64}{3,14 \times 63,5} = 404,4 \text{ хв}^{-1}$$

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

Дійсна швидкість різання [13]:

$$v = \frac{\pi \times n \times D}{1000} \quad (1.31)$$

$$V_d = \frac{3,14 \times 400 \times 63,5}{1000} = 79,75 \text{ м/хв}$$

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

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

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

x , y , n – показники степені, що враховують умови обробки; $n=0$; $x=1,0$ [13];

$y=0,75$; [2, т.22, стр.273];

k_p – поправочний показник, що рахує фактичні умови різання визначається за формулою (1.33) [13]:

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

де, k_{mp} - поправочний показник, що рахує вплив якості оброблююмого матеріалу [13]

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

$k_{\varphi p}, k_{\gamma p}, k_{\lambda p}, k_{rp}$ - поправочні показники, що враховують вплив геометричних параметрів режучої частини інструменту $k_{\varphi p}=1,08$, $k_{\gamma p}=1,15$, $k_{\lambda p}=1,0$, $k_{rp}=0.93$, [2, т. 23, стр.275]

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

$$P_z = 10 \times 204 \times 1,5^{1,0} \times 0,1^{0,75} \times 80,23^0 \times 1,51 = 821,7 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність різання за формулою (1.34) [13]:

$$N = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60}, \quad (1.34)$$

де, P_z - сила резання, Н

V - швидкість різання, м/хв

$$N = \frac{821,7 \times 79,75}{1020 \times 60} = 1,07 \text{ кВт}$$

Перевірка потужності різання за потужністю верстата [13]:

$$N_2 = 1,07 \text{ кВт} \leq N_{\text{СТ}} = N_{\text{ДВ}} \cdot \eta = 15 \cdot 0,85 = 12,75 \text{ кВт}$$

Визначаємо машиний час за формулою (1.35) [13]:

$$T_0 = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_0}; \quad (1.35)$$

де, l - довжина оброблюємої поверхні, $l = 170,75$ мм

y - величина врезання, мм $y = 3$ мм [13];

Δ - величина перебігу інструменту, $\Delta = 3$ мм [13];

$$T_0 = \frac{170,75 + 3 + 3}{400 \times 0,1} = 4,42 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію з ЧПК (060)

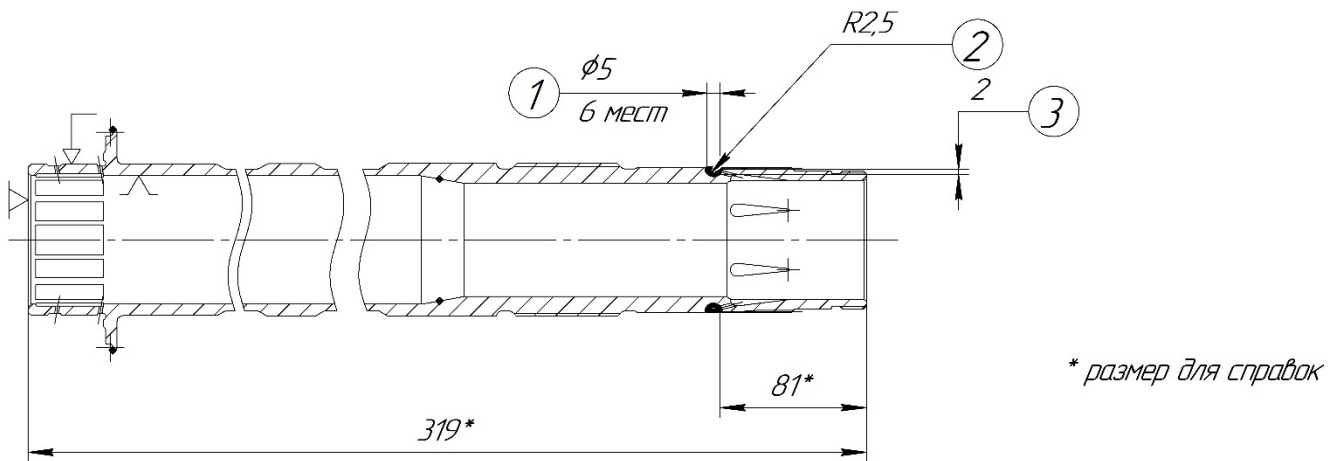


Рисунок 1.7 – Операційний ескіз на фрезерну операцію

Ріжучий інструмент:

Фреза TSBN6510

Визначаємо подачу по формулі (1.36) [13]:

$$S_Z = S_{ZT} \cdot K_{SZ} \quad (1.36)$$

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

K_{so} – коефіцієнт, що рахує ряд конструктивних особливостей технологічної системи розраховується за формулою (1.37) [13];

$$K_{SZ} = K_{SZH} \cdot K_{SZ\phi} \cdot K_{SZR} \quad (1.37)$$

де K_{SZH} – показник, що рахує матеріал інструменту, $K_{SZH} = 1$ [13]; $K_{SZ\phi}$ – показник, що рахує вид оброблюваної поверхні, $K_{SZ\phi} = 1$ [13]; K_{SZR} – показник, що рахує клас чистоти, $K_{SZR} = 0,5$ [13];

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

Розраховуємо швидкість різання за формулою (1.38) [13]:

$$V = V_m \cdot K_v \quad (1.38)$$

де V_m – табличне значення швидкості різання [13]:

K_v – показник, що рахує ряд конкретних умов обробки розраховуємо за формулою (1.39) [13]:

$$K_v = K_{V_M} \cdot K_{V_H} \cdot K_{V_O} \cdot K_{V_{II}} \cdot K_{V_\Phi} \cdot K_{V_B} \quad (1.39)$$

де K_{V_M} – показник, що рахує оброблюваність матеріалу [13];

K_{V_H} – показник, що рахує стан поверхні [13];

K_{V_O} – показник, що рахує умови обробки [13];

K_{V_Φ} – показник, що рахує вид обробки [13];

K_{V_H} – показник, що рахує матеріал інструменту [13];

K_{V_B} – показник, що рахує ширину фрезерування [13]

$$V_m = 8,3 \text{ м/хв}$$

$$K_{V_M}=0,81; K_{V_H} = 1; K_{V_O}=1; K_{V_\Phi} = 1; K_{V_H}=1; K_{V_B} = 1.$$

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

Обороти визначаємо за формулою (1.31):

$$n = \frac{1000 \times 6,72}{3,14 \times 5} = 428 \text{ об/хв}$$

Коригуємо обертання шпинделя по паспорту верстата $n=420$ об/хв.

Знаходимо дійсну швидкість різання:

$$V = \frac{3,14 \times 5 \times 420}{1000} = 6,59 \text{ м/хв}$$

Хвилинну подачу визначимо по формулі (1.40) [13]:

$$S_{\text{мин}} = S_z \times z \times n_D, \text{ мм/хв} \quad (1.40)$$

$$S_{\text{мин}} = 0,0275 \times 4 \times 420 = 46,2 \text{ мм/хв}$$

Згідно з довідником [6], стор.522, карті 5 залежно від модуля і подачі, потрібна на різання потужність $N_H=0,8\text{кВт}$ визначаємо за формулою (1.41) [13]:

$$N_{\text{рез}} = N_H \cdot K_M \cdot K_K \cdot K_W \cdot K_\beta \quad (1.41)$$

де $K_M=1$ – 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];

$$N_{\text{рез}} = 0,8 \cdot 1 \cdot 1,64 \cdot 1,1 \cdot 1 = 1,44 \text{ кВт}$$

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

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

Визначаємо машинний час [13]:

$$T_o = \frac{l + y + \Delta}{n \cdot S_o \cdot Z} = \frac{15 + 3 + 3}{420 \times 0,0275 \times 4} = 0,45 \text{ хв}$$

де, l – довжина оброблюваної поверхні, $l=30$ мм;

y – величина врізання, мм $y=3$ мм [13];

Δ – величина перебігання інструменту, $\Delta=3$ мм [13];

Z – число зубів фрези, $z=4$ [13].

Розрахунок режимів різання на шліфувальну операцію (080)

Вихідні дані:

Інструмент – круг шліфувальний

1 300x150x76 24A F120 C2 7 K5 35 м/с А 1 кл. ГОСТ 2424-83

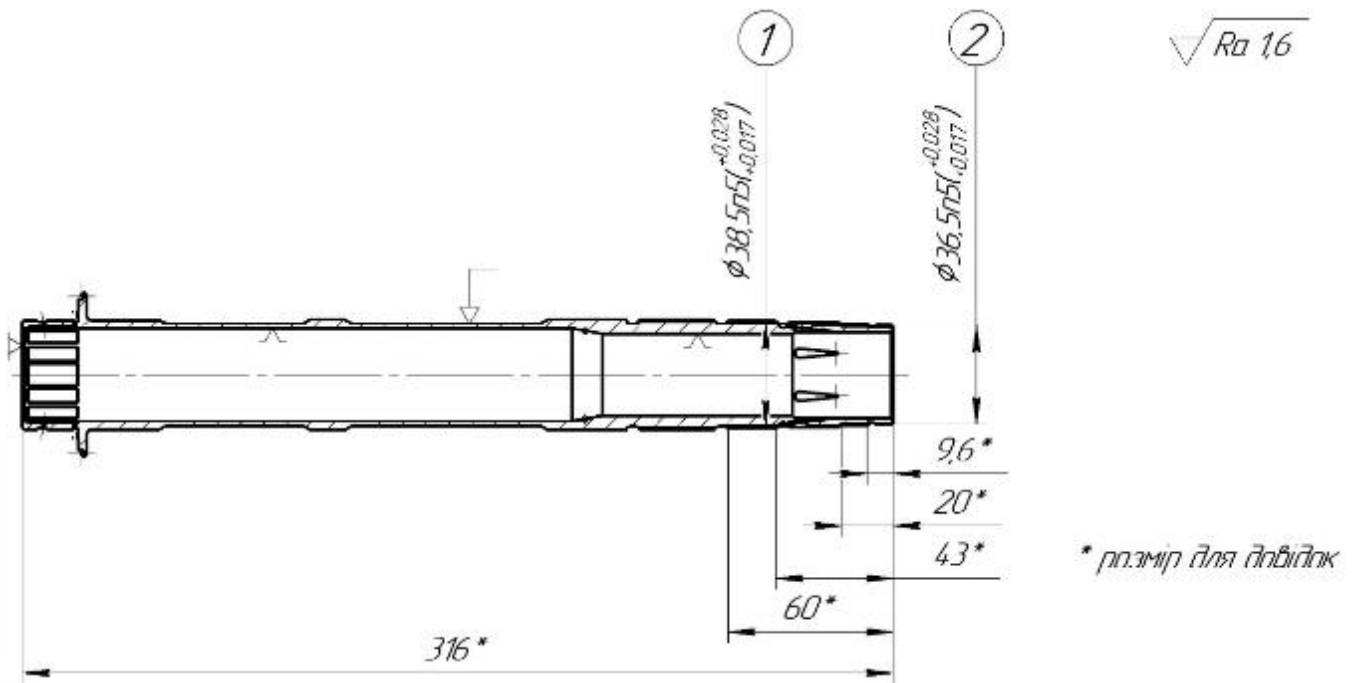


Рисунок 1.8 - Операційний ескіз на шліфувальну операцію 080.

Припуск на обробку поверхонь $h = 0,03\text{мм}$, [2, табл. 160, стор.343]

Розрахунок швидкості обертання шліфувального круга $V_{кр}$ за формулою (1.42) [2]:

$$V_{кр} = \frac{\pi \times D \times n_{кр}}{1000 \times 60} \quad (1.42)$$

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 $D_d = 40\text{мм}$.

Швидкість деталі $V_o = 48 - 68\text{м/хв}$ [2, табл. 161, стор. 343], приймаємо $V_o = 48\text{м/хв}$.

Частота обертання деталі n_o :

$$n = \frac{1000 \times 48}{3,14 \times 40} = 382,2 \text{ об/хв}$$

Приймаємо згідно паспортних даних верстата $n_d = 400 \text{ об/хв}$.

Відповідно до цього фактична швидкість різання складає:

$$V = \frac{3,14 \times 20 \times 780}{1000} = 48,98 \text{ м/хв}$$

Визначення радіальної подачі круга S_t в мм/об за формулою (1.43) [2]:

$$S_{t1} = S_t \times K_m \times K_D \times K_{V_k} \times K_t \times K_{IT} \times K_h, \quad (1.43)$$

де S_t – таблична радіальна подача круга, $S_t = 0,007 \text{ мм/об}$ [2, табл. 163 стор. 346];

K_m – показник, що рахує оброблюваний матеріал, $K_m = 0,38$ [13];

K_D – показник, що рахує діаметр круга, $K_D = 0,5$ [13];

K_{V_k} – показник, що рахує швидкість круга, $K_{V_k} = 1$ [13];

K_t – показник, що рахує стійкість круга, $K_t = 0,72$ [13];

K_{IT} – показник, що рахує точність обробки, $K_{IT} = 0,5$ [13];

K_h – показник, що рахує припуск на обробку, $K_h = 1$ [13].

$$S_{t1} = 0,007 \times 0,38 \times 0,5 \times 1 \times 0,72 \times 0,5 \times 1 = 0,0005 \text{ мм/об},$$

Приймаємо радіальне подання $S_{t1} = 0,001 \text{ мм/об}$

Визначення радіальної хвилинної подачі S_{tm} мм/хв [2]:

$$S_{tm} = S_{t1} \cdot n_d = 0,001 \cdot 780 = 0,78 \text{ мм/хв}.$$

Визначення потужності різання N за формулою (1.44) [2]:

$$N = \frac{N_{10} \times L_{акт}}{10} \quad (1.44)$$

де N_{10} - потужність на 10 мм активної поверхні круга, $N_{10}=0,43$, [2, 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 (1.45) [2]:

$$t_o = (\tau_2 + \tau_3) \cdot K \quad (1.45)$$

де τ_2 - час сталого процесу, $\tau_2 = 0,19$, [2,к.12,стор.636],

τ_3 - час зачистки, $\tau_3 = 0,132$, [2,к.12,стор.637],

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

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

Таблица 1.6 – Режимы резания

N Опер.	Найменування операції	i	t, мм	S _o , мм/об	V _д , м/хв	n _д , хв ⁻¹	T _o , хв
1	2	3	4	5	6	7	8
015	Токарна з ЧПК		1,5	0,1	79,75	400	4,42
020	Токарна з ЧПК		1,5	0,12	56,5	450	6,78
025	Токарна з ЧПК	1	1,0	0,1	43,96	350	8,21
		2	1,2	0,12	100,48	400	
		3	0,5	0,1	100,48	400	
030	Токарна з ЧПК	1	0,5	0,1	69,08	550	15,47
		2	0,82	0,1	100,5	400	
		3	1,2	0,1	100,5	400	
		4	1,5	0,15	47,1	600	
035	Токарна з ЧПК		0,5	0,1	43,17	550	4,67
040	Токарна з ЧПК		0,2	0,1	47,1	600	5,15
045	Электроэрозионная		-	--	-	-	-
050	Фрезерна з ЧПК		0,25	0,04мм/зуб	10,21	650	7,85
055	Фрезерна з ЧПК		0,15	0,04мм/зуб	10,21	650	3,19

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8
060	Фрезерна з ЧПК		2,5	0,02мм/зуб	6,59	420	0,45
065	Фрезерна з ЧПК		2	0,0275мм/зуб	4,71	300	7,56
070	Фрезерна з ЧПК		0,5	0,0275мм/зуб	0,63	200	2,75
075	Токарна з ЧПК		1,0	0,1	37,7	400	3,21
080	Шліфувальна		0,03	0,78мм/хв	35/48	1590/400	0,32
085	Шліфувальна		0,03	0,5мм/хв	35/48	1590/400	0,15

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 (1.46), (1.47) [10]:

$$t_{шт-к.} = \frac{t_{нз}}{n} + t_{шт.} \quad (1.46)$$

$$t_{шт.} = t_o + t_{всп} + t_{обс} + t_n \quad (1.47)$$

де $t_{шт.}$ - штучний час, хв [10];

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

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

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 $t_o = 4,42$ хв

Допоміжний час визначаємо за формулою (1.48) [10]:

$$t_{всп.} = t_{в.у.} + t_{м.в.} \quad (1.48)$$

де, $t_{в.у.} = 0,1$ хв – час на установку і зняття деталі в патроні з ручним затиском [10, к.51, стор.138];

$t_{м.в.} = 0,19$ хв - час, пов'язаний з виконанням допоміжних ходів і переміщень при обробці поверхні [10, таблиця.12, стор.605]

$$t_{всп.} = 0,1 + 0,19 = 0,29 \text{ хв}$$

Час роботи верстата дорівнює неповному оперативному часу роботи верстата [10]:

$$t_{н.у.} = t_o. + t_{м.в.} = 4,42 + 0,29 = 4,71 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця [10]:

$$t_{обс} = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 4,71 = 0,47 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби [10]:

$$t_n = 10\% \cdot t_{н.у.} = 0,1 \cdot 4,71 = 0,47 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію [10]:

$$t_{шт.} = 4,71 + 0,47 + 0,47 = 5,65 \text{ хв.}$$

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [6, стор.604] за формулою (1.49) [10]:

$$T_{n-3} = T_{n-31} + T_{n-32} \quad (1.49)$$

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

$T_{n-32} = 3$ 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

$$t_{шт.-к.} = \frac{5}{1} + 5,65 = 10,65 \text{ хв.}$$

Технічне нормування на фрезерну з ЧПК операцію (60)

Основний сумарний час на операцію 0,45 хв

Допоміжний час:

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

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

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

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

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

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

Час роботи верстата за програмою управління $t_{п.у}$ рівно неповному оперативному часу роботи верстата [10]:

$$t_{n.y.} = t_o. + t_{m.в.} = 0,45 + 1,45 = 1,9\text{хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця [10]:

$$t_{обс} = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 1,9 = 0,15 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби [10]:

$$t_n = 8\% \cdot t_{n.y.} = 0,08 \times 1,9 = 0,15\text{хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію:

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

Визначаємо підготовчо-завершальний час на операцію [10] (1.49):

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]:

$$T_{n-з} = 2 + 1 = 3\text{хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

$$t_{шт.-к.} = \frac{3}{1} + 2,2 = 5,2\text{хв.}$$

Технічне нормування на круглошлифовальну операцію (080)

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

Допоміжний час:

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

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

t_{mex} – час технічного обслуговування робочого місця [10]:

$$t_{mex} = \frac{t_{np} \times t_o \times 1,1}{T} = \frac{1,3 \times 0,32 \times 1,1}{30} = 0,015 \text{ хв}$$

де $T=30$ – стійкість круга,

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

$$t_{ecn} = 0,1 + 1,09 + 0,015 = 1,21 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час [10]:

$$t_{on.} = t_o. + t_{ecn.} = 0,32 + 1,21 = 1,53 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця [10]:

$$t_{обс} = 0,015 \times t_{on.} = 0,015 \times 1,53 = 0,02 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби [10]:

$$t_{отд} = 0,04 \times t_{on.} = 0,04 \times 1,53 = 0,06 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час на операцію [10]:

$$t_{шт.} = t_{on.} + t_{обс.} + t_{отд.} = 1,57 + 0,024 + 0,063 = 1,66 \text{ хв.}$$

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

$$t_{пз}=3\text{хв.}$$

Штучно-калькуляційний час на операцію, хв

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

На інші операції розрахунки норм часу заносимо в табл. 1.7.

Таблиця 1.7 – Технічна норма часу за операціями

Номер операції	Найменування операції	Складові $T_{шт-к}$						
		t_o	t_d	$t_{оп}$	$t_{обсл}$	$t_{п}$	$t_{п-з}$	$t_{шт-к}$
015	Токарна з ЧПК	4,42	0,29	4,71	0,47	0,47	5	10,65
020	Токарна з ЧПК	6,78	1,78	8,56	0,86	0,86	2,5	12,78
025	Токарна з ЧПК	8,21	0,29	8,5	0,85	0,85	3	13,2
030	Токарна з ЧПК	15,47	2,31	17,78	1,78	1,78	2	23,34
035	Токарна з ЧПК	4,67	2,14	6,81	0,68	0,68	4,1	12,27
040	Токарна з ЧПК	5,15	2,62	7,77	0,77	0,77	5,2	14,51
045	Електроерозійна з ЧПК	2,43	0,31	2,74	0,22	0,22	3	6,18
050	Фрезерна з ЧПК	7,85	2,71	10,56	1,05	1,05	1,5	14,16
055	Фрезерна з ЧПК	3,19	1,45	4,64	0,46	0,46	2	7,56
060	Фрезерна з ЧПК	0,45	1,9	2,35	0,15	0,15	3	5,2
065	Фрезерна з ЧПК	7,56	2,1	9,66	0,97	0,97	1,28	12,88
070	Фрезерна з ЧПК	2,75	1,25	4	0,4	0,4	4	8,8
075	Токарна з ЧПК	3,21	1,65	4,86	0,49	0,49	5	10,84
080	Шліфувальна	0,32	1,25	1,57	0,024	0,063	3	4,66
085	Шліфувальна	0,15	1,87	2,02	0,16	0,16	3	5,34

1.8 Розробка технологічних операцій на високопродуктивних верстатах з ЧПК, з використанням NXCAM

1.8.1 Розробка токарної операції

Операція виконується на токарному верстаті з ЧПК. Затиск заготовки виконуємо в патроні. З метою забезпечення точності обробки та запобігання прогину деталі виконується підтримка люнетом під час обробки.

Інструмент – різець контурний з пластиною з твердого сплава T5K10

Для розробки технологічних операцій використовується модуль програми NXCAM.

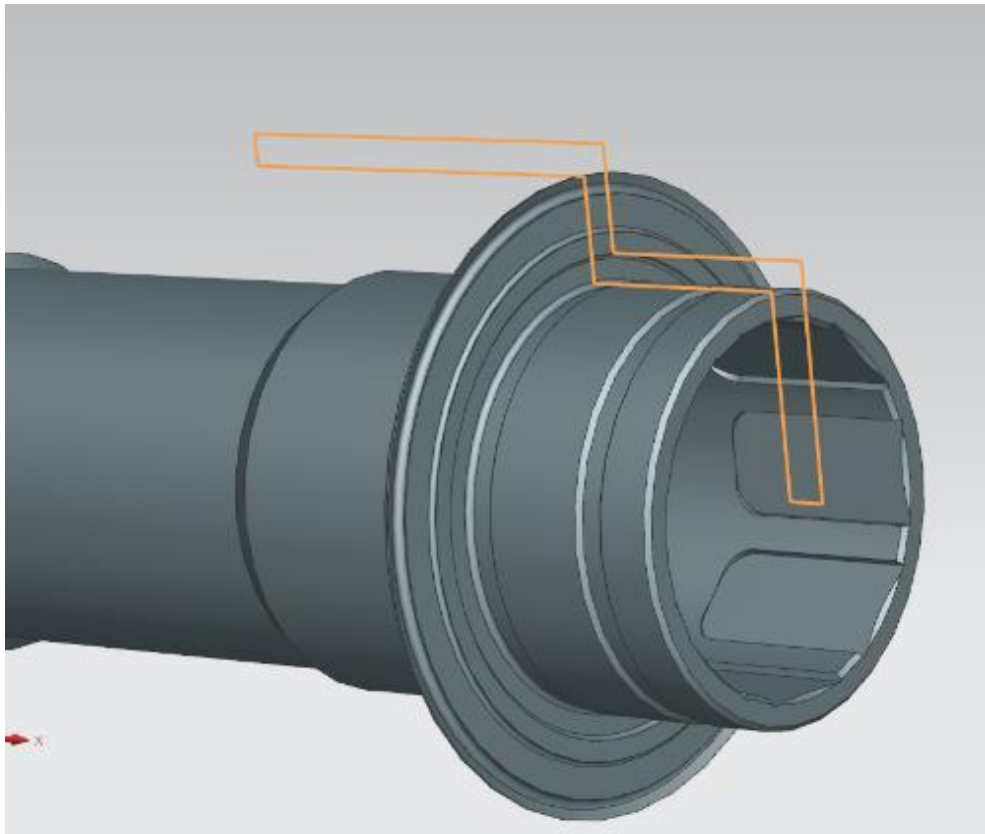


Рисунок 1.9 – Віртуальна модель операційного ескізу операції №015 Токарна з ЧПК

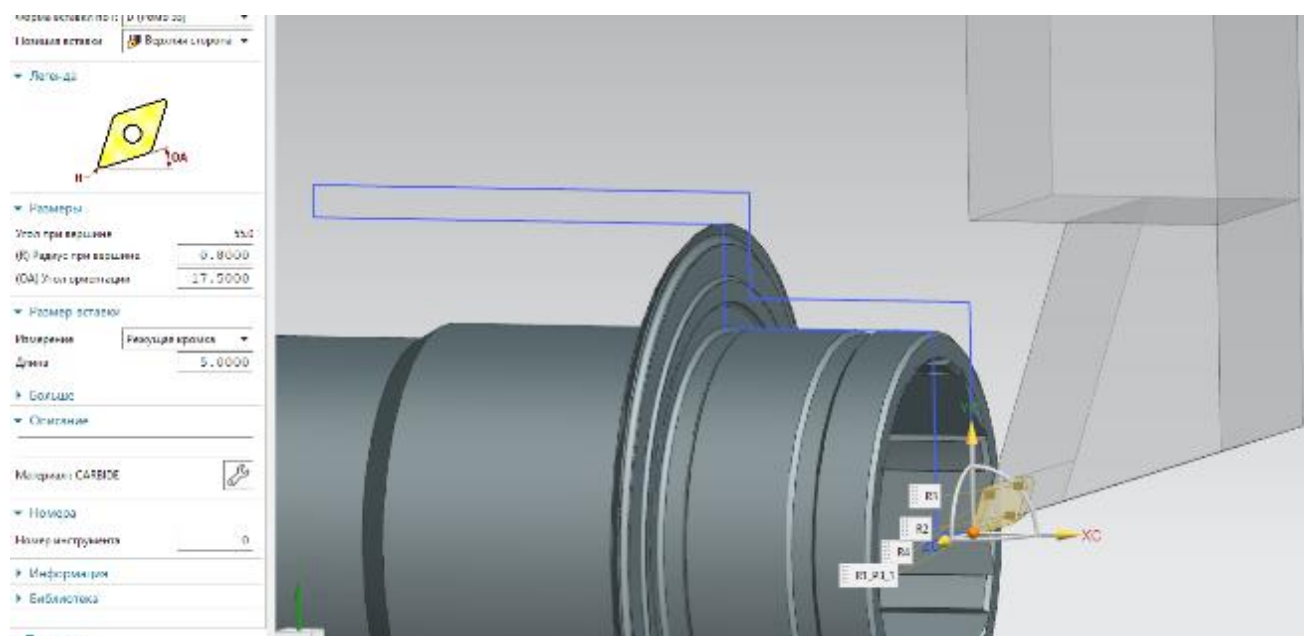


Рисунок 1.10 – Налагодження інструменту відносно поверхні обробки

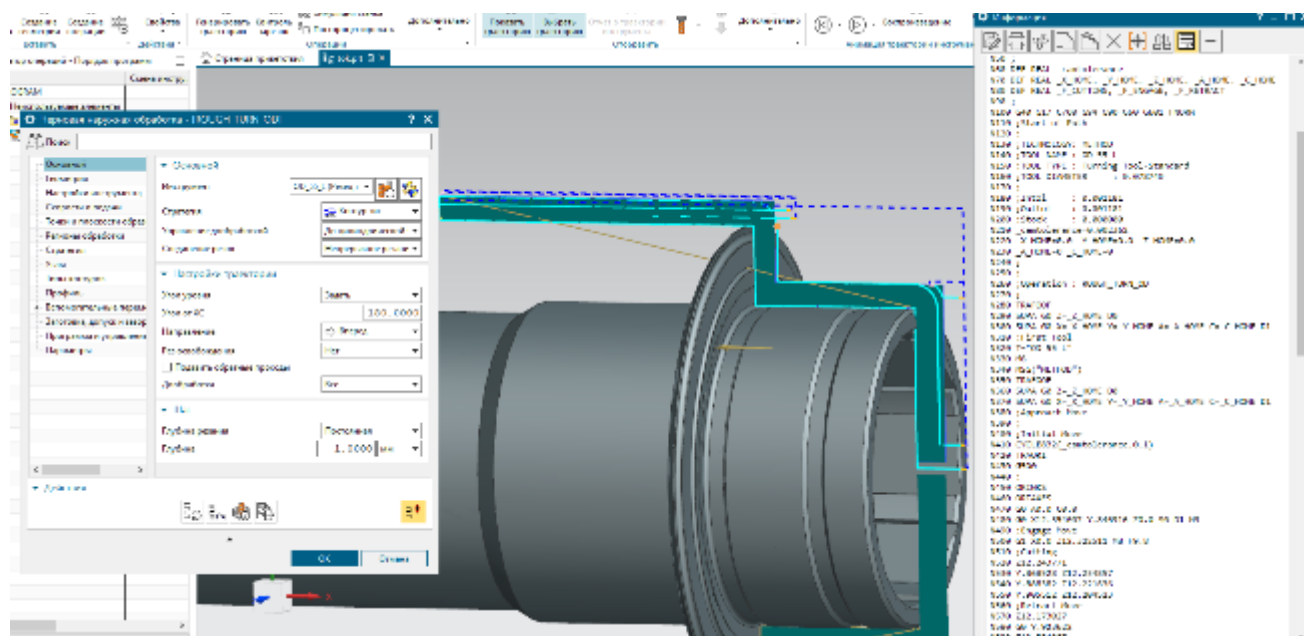


Рисунок 1.11 – Закодована програма обробки в G кодах з траєкторією обробки

1.8.2 Розробка фрезерної операції

Ріжучий інструмент:

Фреза TSBN6510



Рисунок 1.12 – Віртуальна модель операційного ескізу операції Фрезерна з ЧПК

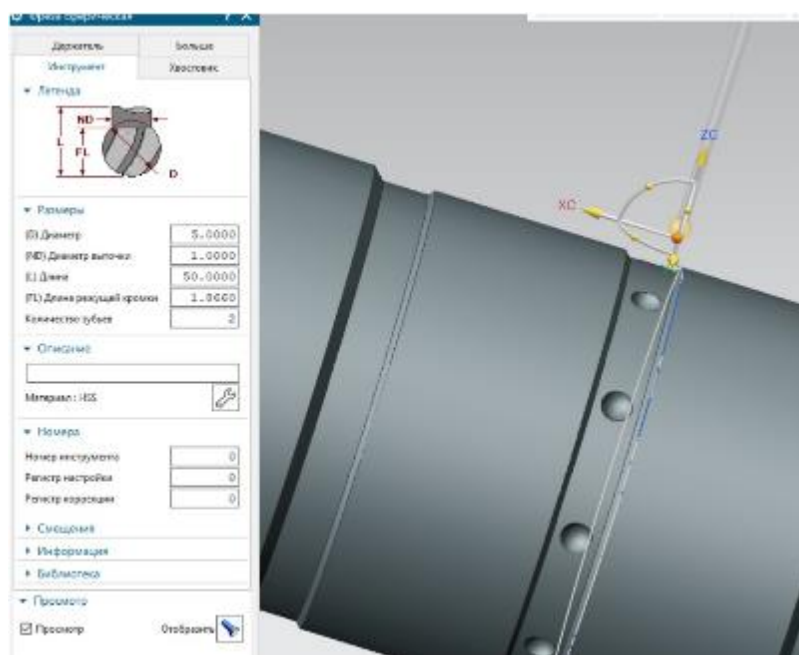


Рисунок 1.13 – Налаштування інструменту відносно поверхні обробки

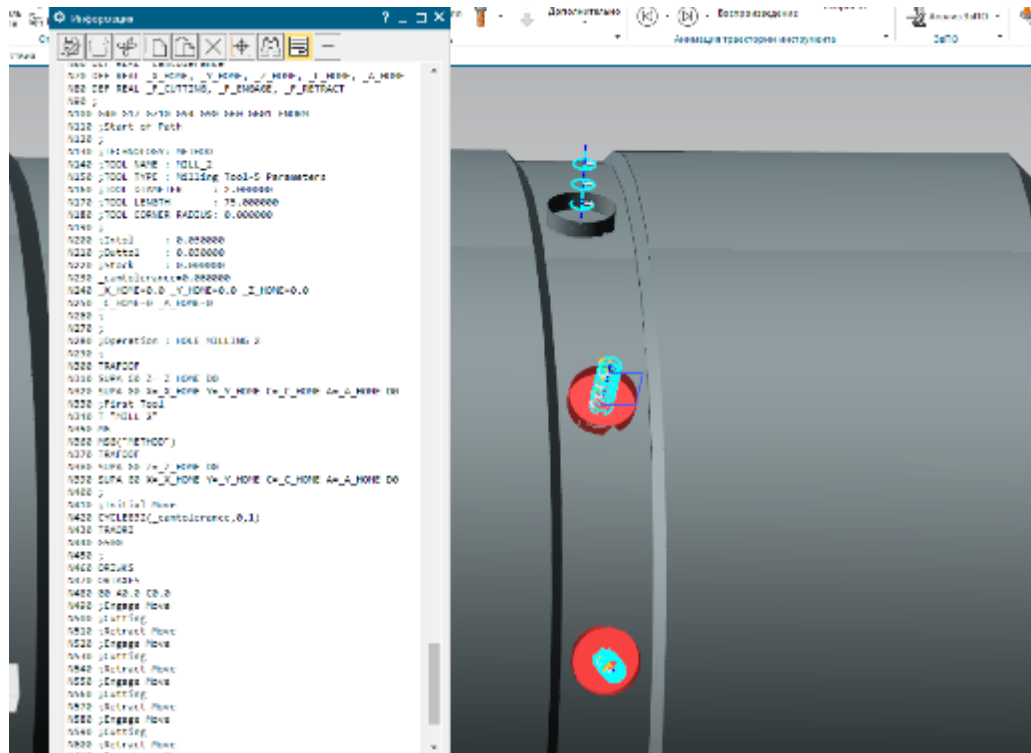


Рисунок 1.14 – Траєкторія обробки з програмою в G кодах

Застосування сучасного програмного забезпечення дозволяє значно скоротити вплив людського фактору на процес розробки технологічних операцій. Модуль NXCAM дозволяє значно скоротити час на розробку технологічних операцій та спрощує процес оцінки та пошуку раціональних рішень.

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування токарного пристосування

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Токарне пристосування спроектоване на конкретну операцію для обробки цієї деталі. Але при проектуванні врахована можливість переналадки на інші деталі і на інші операції.

Деталь заздалегідь встановлюється на палець по діаметру $\varnothing 34$ мм. У лівій частині пристосування (рисунок 2.1) знаходиться пневмоциліндр, зусилля якого передається за допомогою штока. Закріплення здійснюється затисками, які підтискаються до торця деталі при русі штока вздовж горизонтальної осі.

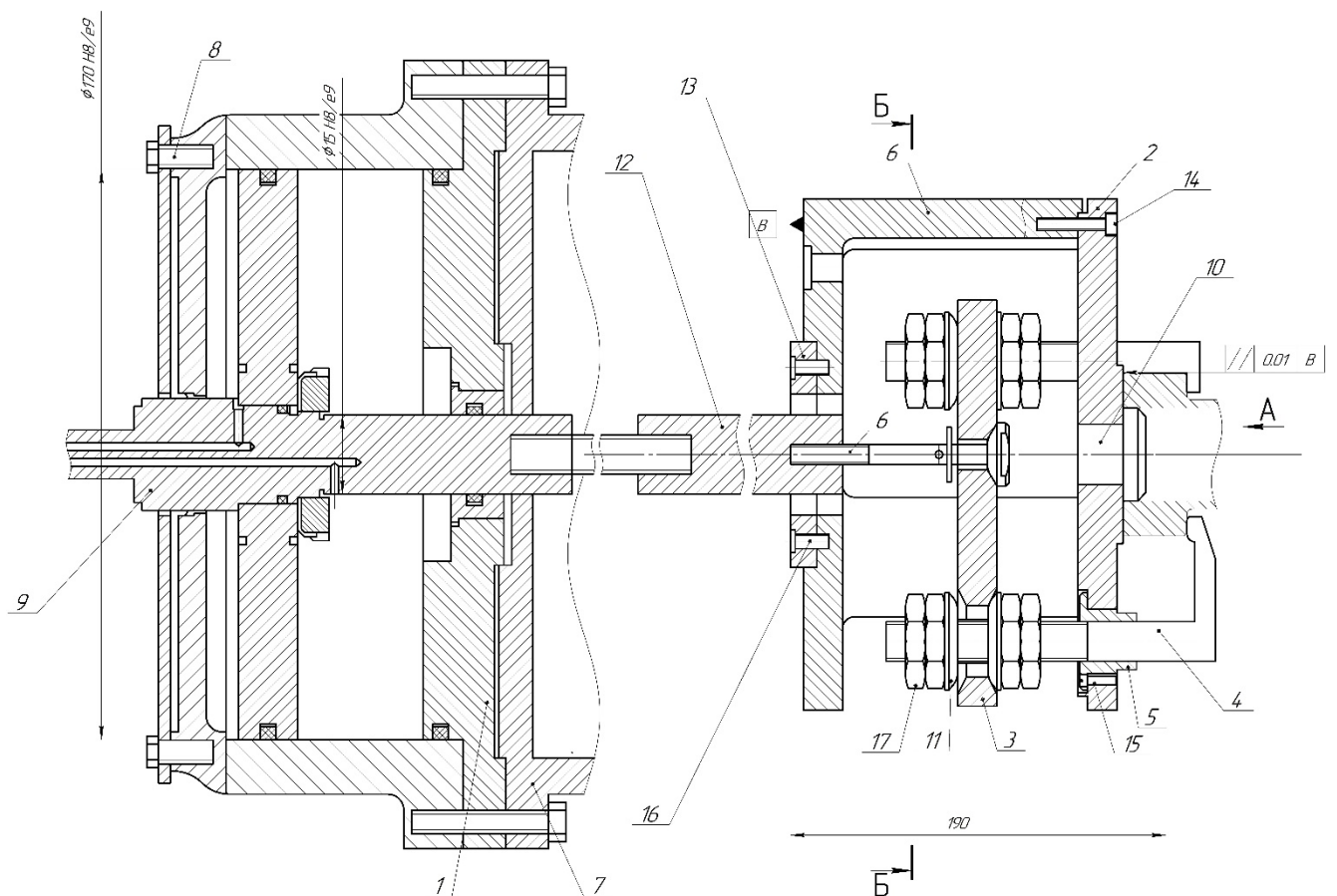


Рисунок 2.1 – Конструкція токарного пристосування

Основний вклад в похибку базування матиме зазор який виникає при базуванні на циліндричний палець. Схема базування показна на рис. 2.2.

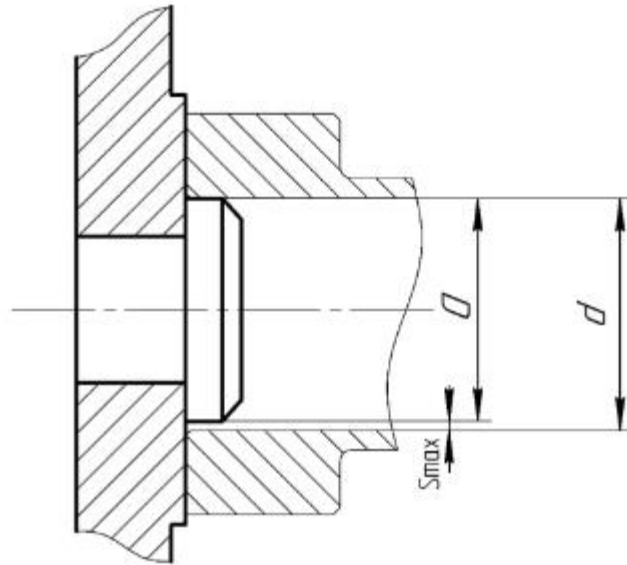


Рисунок 2.2 – Визначення похибки базування на токарному пристосуванні.

2.1.2 Розрахунок пристосування на точність

В процесі обробки необхідно забезпечити точність обробки в межах 0,3 мм. Установку заготовки робимо на палець. Точність пристосування визначається за формулою (2.1) [8]:

$$T_{np} \leq T_{обр} - (k_1 E_{\delta} + E_z + k_2 \omega), \quad (2.1)$$

де T_{np} – допуск на виготовлення пристосування;

$T_{обр}$ – допуск на обробку $T_{обр}=0,3\text{мм}$;

E_{δ} – похибка базування;

E_z – похибка закріплення $E_z=0,07\text{мм}$ [8];

k_1 – чинник враховуючий відхилення позиціювання значень складових величин від знаку нормального розподілу внаслідок того, що дійсні розміри установчих поверхонь рідка дорівнюють крайнім $k_1=0,6$ [8];

k_2 – чинник зменшення величини ω , яким рахується доля похибок обробки, яка визивається факторами які не залежать від пристосувань $k_2=0,6$;

ω – середньо економічна точність обробки $\omega=0,1\text{мм}$;

Похибку базування заготовки в пристосуванні, для токарної обробки по контуру згідно [5, с.99] визначається за формулою (2.2):

$$\begin{aligned}\varepsilon_6 &= \frac{S_{max}}{2} = \frac{T_0 + T_{\Pi}}{2} \\ \varepsilon_6 &= \frac{S_{max}}{2} = \frac{0,2 + 0,01}{2} = 0,105\text{мм} \\ T_{np} &\leq 0,3 - (0,6 \cdot 0,105 + 0,07 + 0,6 \cdot 0,1) \\ T_{np} &\leq 0,108\end{aligned}\tag{2.2}$$

В результаті можна зробити висновок, що для забезпечення необхідної точності обробки необхідно виготовити пристосування з точністю яка дорівнює або менше за $0,108\text{мм}$

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску

Схема для розрахунку показана на рисунку 2.3. Заготовка діаметром d_2 затискається в токарному пристосуванні і знаходиться під дією моменту різання M_P , осьової сили P_x і вертикальною силою різання P_z .

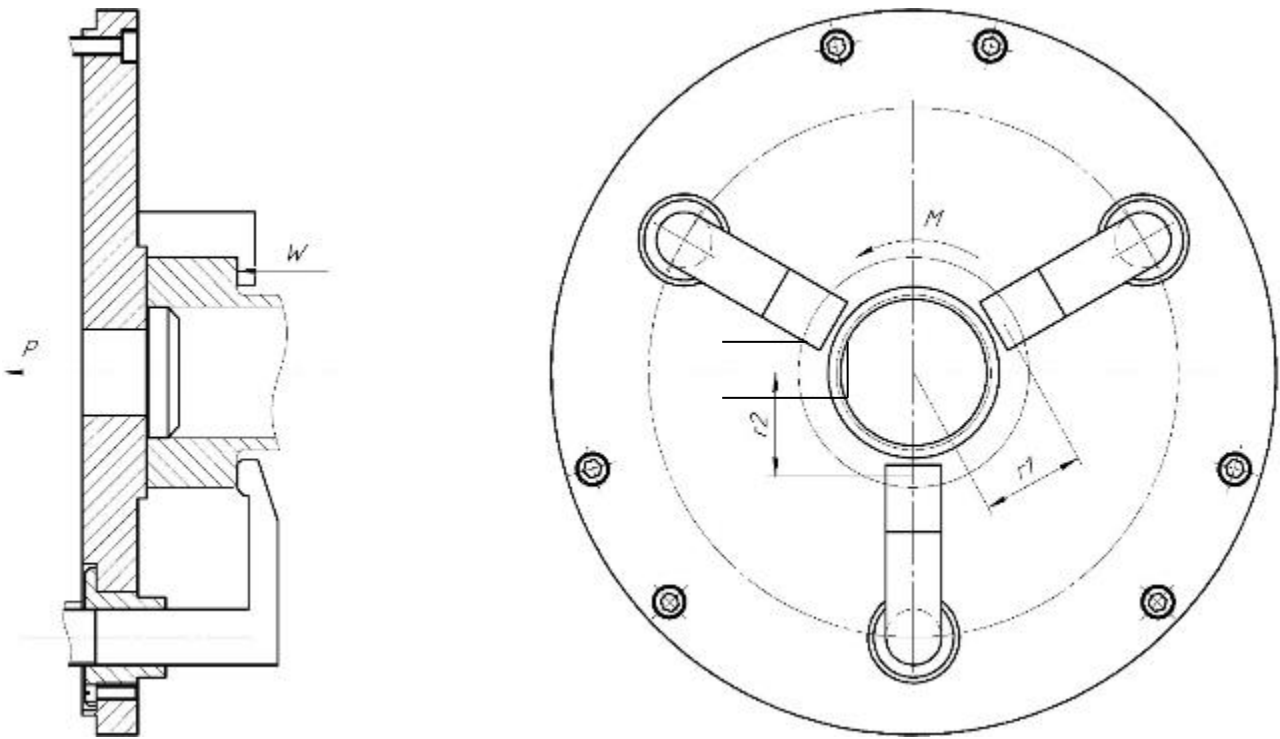


Рисунок 2.3 – Схема дії сил при різанні

В результаті, з умови рівноваги розрахунок необхідного зусилля затиску розраховуємо по формулі (2.5) [8]:

$$W = \frac{(k \times M - f_2 \times P \times r_1)}{(f_1 \times r_2 + f_2 \times r_1)} \quad (2.5)$$

де r_1, r_2 - плечі дії сил, $r_1=r_2=35\text{мм}$;

f_1 - показник тертя опорної поверхні $f_1=0.1$;

f_2 - показник тертя опорної поверхні $f_2=0.1$;

k - показник запасу визначаємо за формулою (2.6) [8]:

$$k = k_0 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 \times k_5 \times k_6 \quad (2.6)$$

де, k_0 - гарантований показник запасу при усіх випадках обробки $k_0=1.5$ [8, с.117 т11];

k_1 - показник залежний від виду обробленої або необробленої поверхні $k_1=1.2$ [8, с.117 т11];

k_2 - показник рахує збільшення сили різання при затупленні інструменту
 $k_2=1.0$ [8, с.117 т11];

k_3 - показник рахує збільшення сили різання при обробки переривчастих поверхонь $k_3=1$ [8, с.117 т11];

k_4 - показник рахує постійність сили затиску, що розвивається силовим приводом пристосування $k_4=1.3$ [8, с.117 т11];

k_5 - показник рахує ергономіку пристосування $k_5=1.0$ [8, с.117 т11];

k_6 - показник рахує наявність моментів що намагаються повернути заготовлю встановлену плоскою поверхнею на постійні опори $k_6=1.5$ [8, с.117 т11];

$$k = 1.5 \times 1.2 \times 1.0 \times 1.0 \times 1.3 \times 1.0 \times 1.5 = 3.51$$

M - момент різання [8]:

$$M = P \times r \quad (2.7)$$

де P - сила різання $P=750$ Н

$$M = 750 \times 0.067 = 50.25 \text{ Н} \times \text{м}$$

$$W = \frac{(3.51 \times 50.25 - 0.1 \times 750 \times 0.035)}{(0.1 \times 0.035 + 0.1 \times 0.035)} = 12788 = 12.788 \text{ кН}$$

Найбільш навантаженою частиною пристосування є шток пневмоциліндра, отже, перевіримо чи виконується умова міцності. Втрата стійкості штока виникає при додатку критичної сили [8]:

$$P_{кр} = \eta \cdot \frac{E \cdot W}{l_{np}^2} = 2,4 \cdot \frac{0,35 \cdot 10^5 \cdot 11074}{200^2} = 9689 \text{ Н}$$

де E - модуль пружності

W - момент інерції

$$W = \frac{\pi \cdot d_{шт}^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 15^4}{64} = 11074,2 \text{ мм}^4$$

Допустиме навантаження на штоку не повинне перевищувати $(0,5 \dots 0,7) P_{кр}$ в нашому випадку [8]:

$$9689 \triangleleft (0,5 \dots 0,7) P_{кр} = (28747 \dots 40246)$$

Оскільки умова міцності виконується те це пристосування робоче.

Пристосування пневмотического типу (пневмоцилиндр). Діаметр цього пневмоцилиндра розраховується по формулі (2.8) [8]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{ум}}{\pi \cdot P_{нов} \cdot \eta_{пц}}} \quad (2.8)$$

де η - ККД пневмоцилиндра; МПа

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 12788}{3,14 \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 0,9}} = 0,173 \text{ м}$$

Із стандартного ряду приймаємо $D=170\text{мм}$.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Для перевірки деталей базується між двома центрами, які рухаються по "Т"-образному пазу який зменшує відхилення у вертикальному напрямку. Один з центрів, після установки деталі підтискається гвинтом для жорсткішого закріплення.

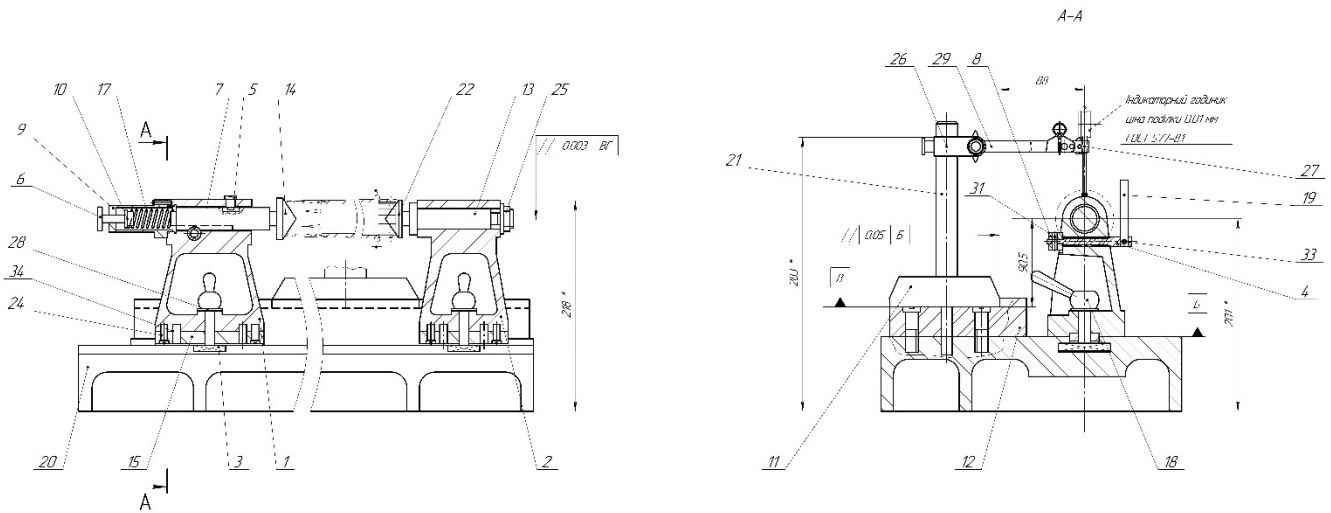


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристосування

Фактична сумарна похибка визначається за формулами (2.6),(2.7) [8]:

$$\varepsilon_{\text{куп}} = \varepsilon + \Delta_p + \Delta_{\varepsilon} + \Delta_{\text{ин}} + \Delta_t + \Delta_{\text{ус}}, \quad (2.6)$$

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{\text{нр}}^2} = \sqrt{0,5^2 + 2^2} = 2.06, \quad (2.7)$$

де $\varepsilon_3=0$ - похибка закріплення;

$\varepsilon_{\bar{o}}$ - похибка базування - частина похибки установки, знаходимо з пропорції [8]:

$$\frac{0,005}{100} = \frac{\varepsilon_{\bar{o}}}{10} \rightarrow \varepsilon_{\bar{o}} = 0,0005 \text{ мм} = 0,5 \text{ мкм}$$

$\Delta_p=0$ – похибка передатного пристрою, так як його немає [8].

$\Delta_{\varepsilon} = 0$ - похибка виготовлення еталонної деталі [8].

$\Delta_{\text{ин}} = 0,001 \text{ мм} = 1 \text{ мкм}$ - похибка обраного засобу виміру [8].

$\Delta_{\text{ус}}$ - похибка, що виникає за рахунок контактної деформації [8].

Δ_t - похибка, викликана зміною температури довкілля [8]

$\varepsilon_{\text{нр}}$ - неточність виготовлення елементів пристосування [8]

$$\Delta_{yc} = 0,43 \kappa \sqrt[3]{\frac{P_{yc}^2}{r}} = 0,43 \cdot 0,81^3 \sqrt{\frac{2^2}{5}} = 0,32 \text{ мкм}$$

$$\Delta_t = \alpha l(t_1 - t_2)$$

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{np1}^2 + \varepsilon_{np2}^2} = \sqrt{2^2 + 0} = 2 \text{ мкм}$$

$$\Delta_t = 2 \text{ мкм};$$

$$\varepsilon_{кин} = 2,06 + 2 + 2 + 0,32 = 0,00638 \text{ мкм}$$

$$\varepsilon_{кин} \leq \frac{1}{3} T_d$$

$$0,00638 \leq 0,00670$$

Оскільки сумарна похибка контрольно-вимірювального пристосування (КВП) не перевищує 1/3 допустиме биття, означає застосована схема установки і експлуатації КВП нас цілком влаштовує.

АВТОМАТИЗАЦІЯ

Автоматизація операцій контролю

Успіх на ринку залежить від високого рівня якості продукції. Незважаючи на те, що на виробництвах використовуються сучасні системи планування ресурсів підприємства, дуже багато показників вихідного контролю розраховуються вручну.

Одним з найважливіших чинників зростання ефективності виробництва є підвищення якості продукції, що випускається, яке безпосередньо визначає її конкурентоспроможність. Тільки конкурентоспроможні підприємства можуть успішно долати виникаючі труднощі і проблеми. Забезпечити якість за відсутності контролю неможливо. Він дозволяє вчасно виявити помилки, щоб потім оперативно виправляти їх з мінімальними втратами [14].

Під контролем якості розуміється перевірка відповідності характеристик продукції або процесу встановленим технічним вимогам, зафіксованим в кресленнях, стандартах, технічних умовах, договорах на поставку та інших документах. Організація контролю якості - система технічних і адміністративних заходів, спрямованих на забезпечення виробництва продукції, повністю відповідає вимогам нормативних документів. Інформація, отримана під час контрольних заходів, повинна служити основою для розробки різних коригувальних та запобіжних дій з метою поліпшення параметрів процесу, а отже, і підвищення якості продукції, що виробляється [14].

Контрольні заходи пронизують всі процеси. На етапі конструкторсько-технологічної підготовки виробництва здійснюється контроль проектування, при логістичних операціях - вхідний контроль матеріалів і комплектуючих виробів. Постійно перевіряється стан технологічного обладнання, ведеться операційний контроль і активний моніторинг технологічних процесів за допомогою приладів, вбудованих в обладнання, і нарешті - вихідний контроль готової продукції.

Важливим чинником який забезпечує підвищення якості та швидкості контролю є його автоматизація. Одним із шляхів якої є застосування систем активного контролю [14].

Ці системи залежно від методу активного контролю поділяються на прямі та непрямі. В першому випадку контролюється безпосередньо необхідний параметр, за другим методом контролюється параметри інструменту або положення деталі.

Відмінність цих методів можна розглянути на прикладі плоского шліфування (рис. 3.1) [14].

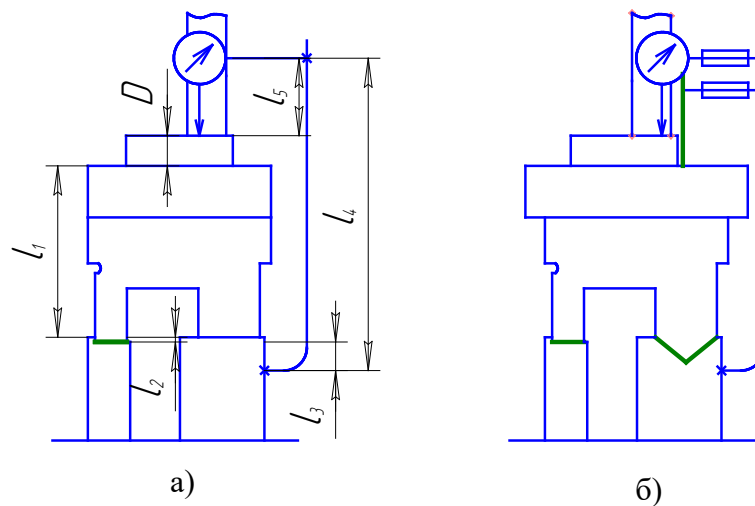


Рисунок 3.1 – Схема плоского шліфування з активним контролем: а) непрямий метод виміру, б) прямий метод виміру

При непрямому методі у ланцюг вимірювання входить навіть параметри верстату [14].

Використання прямого методу контролю є більш доцільним так як він дає одразу контрольований параметр та є більш точним оскільки має меншу кількість похибок.

За функціональними ознаками пристосування активного контролю можна розділити на наступні групи [14]:

- 1) пристосування які використовують під час обробки;
- 2) пристосування які виконують підналагодження;
- 3) пристосування які виконують блокування;

4) пристосування які виконують контроль заготовок перед обробкою.

До керуючих пристосувань можна віднести пристосування які контролюють положення різальної кромки та за допомоги зворотного зв'язку дають команди верстату продовжувати обробку або припинити її [14].

У якості прикладу подібної системи можна віднести схему роботи круглошліфувального верстату із застосуванням системи активного контролю рис. 3.2 [14].

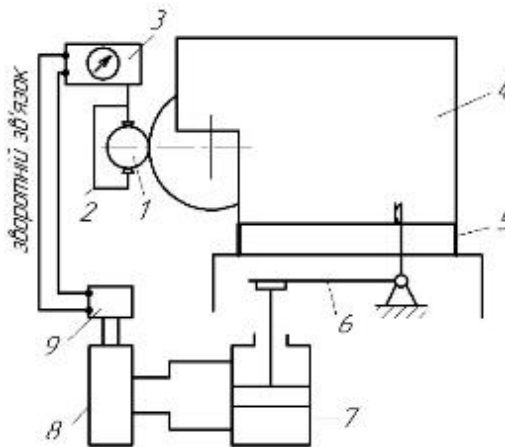


Рисунок 3.2 – Схема роботи круглошліфувального верстату: 1 - деталь, 2 - засіб активного контролю, 3 – керуюче пристосування, 4 - шліфувальна бабка, 5 - плоскі пружини, 6 - важільна скоба, 7 - гідроциліндр, 8 - золотник, 9 – електромагніт [14].

В даному випадку використовується система прямого контролю при якій контролюється безпосередньо геометричний розмір.

В цьому випадку контролюється безпосередньо розмір оброблюваної деталі.

Іншою великою групою є використання підналагоджуємих систем. Вони необхідні для виконання підналадки інструменту у процесі обробки та компенсування його зносу [14].

У якості прикладу подібних систем можна навести підналагоджувані пристосування які використовують при безцентровому шліфуванні.

Подібна система показана на рис. 3.3 [14].

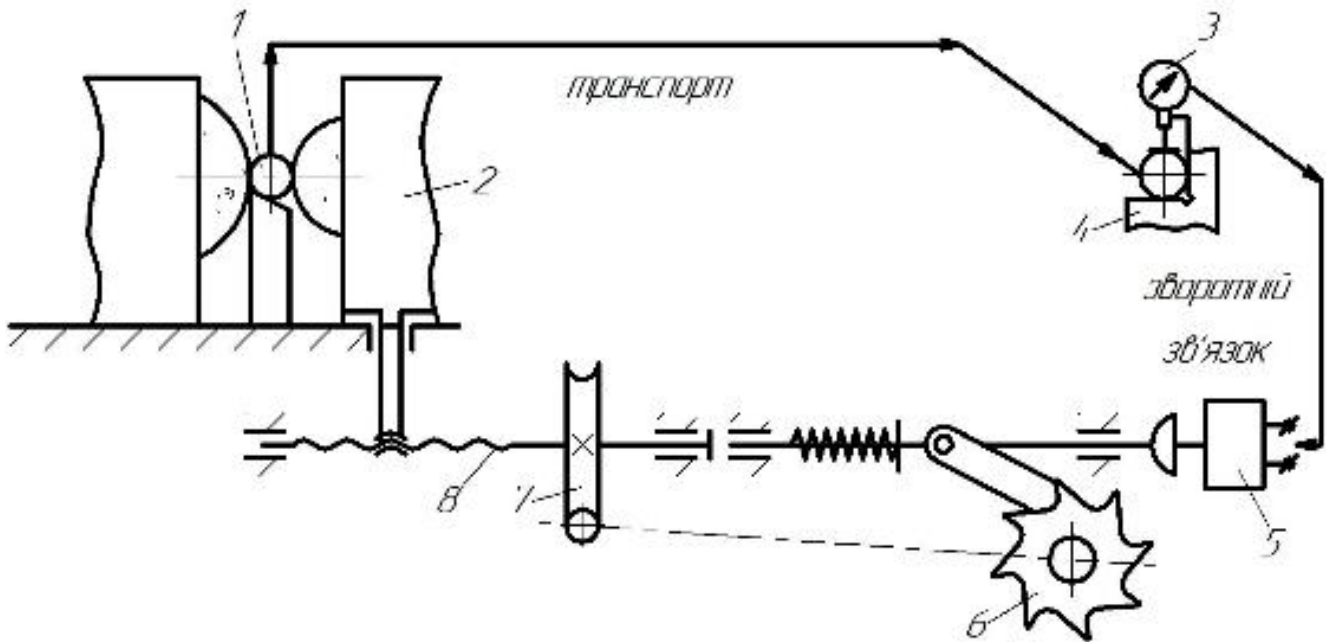


Рисунок 3.3 – Підналагоджувальна системи при шліфуванні: 1 - деталь, 2 - шліфувальна бабка, 3 – підналагоджувальний пристрій, 4 – місто контролю, 5 - електромагніт, 6 – храповий механізм, 7 - черв'ячна передача, 8 – гвинт [14].

Після обробки деталь потрапляє у зону контролю, виконується вимірювання її та далі за необхідності виконується підналагодження шліфувального круга все це відбувається без зупинки верстату.

Іншим прикладом може бути схема контролю з жорстким упором (рис.3.4) [14].

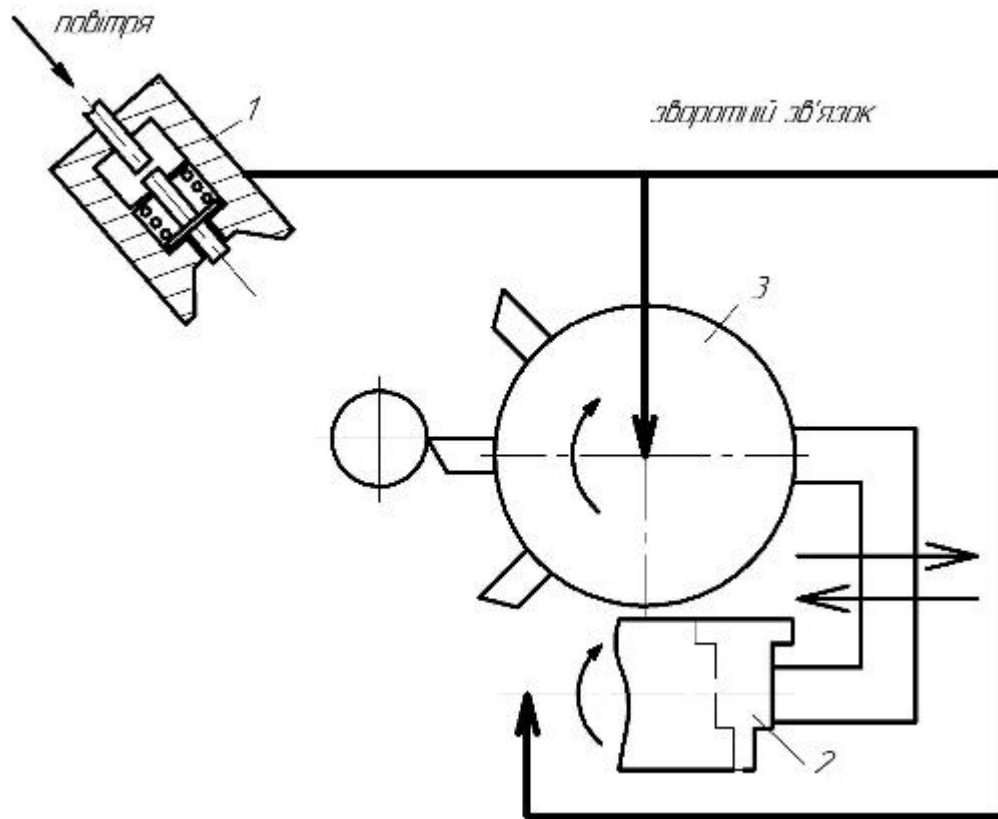


Рисунок 3.4 - Схема підналадки для токарної обробки

В даному випадку засобом контролю є жорсткий упор при спрацьовуванні якого подається команда на підналагодження [14].

Окрім вже розглянутих засобів активного контролю широкого розповсюдження набули сортувальні пристосування, які використовують для виявлення деталей які мають брак.

У якості прикладу подібної системи можна розглянути пристосування яке забезпечує переміщення деталі за ломаною лінією, його схема показана на рис.3.5 [14].

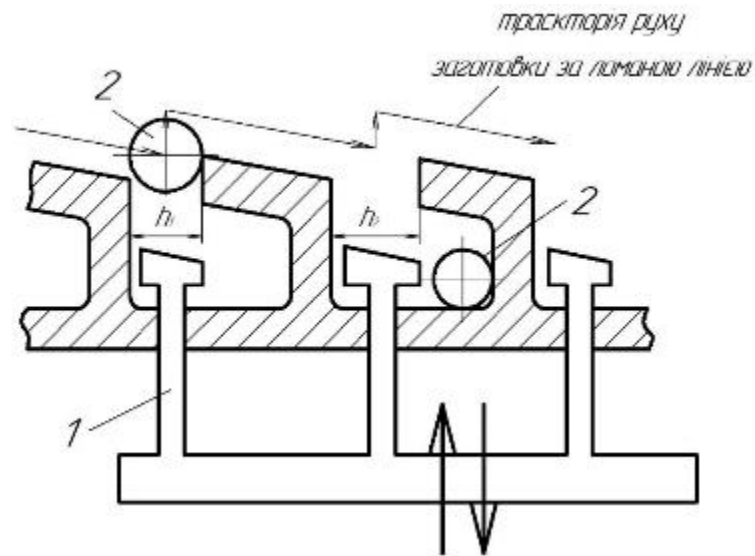


Рисунок 3.5 – Схема контрольно-сортувального пристрою з транспортуючим вузлом

Штовхачі 1 переміщують деталі 2, між вимірювальними позиціями до тих пір, поки вони не потраплять у місто, яке відповідає їх розміру.

Широкого розповсюдження набули сортувальні автомати безперервної дії приклад подібного автомата показано показана на рис.3.6 [14].

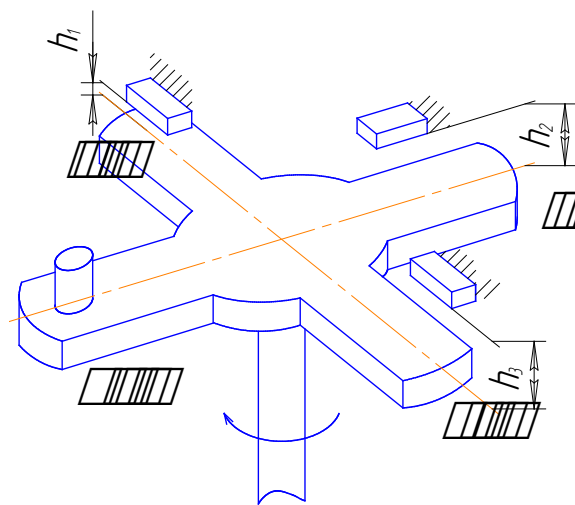


Рисунок 3.6 – Схема сортувального автомата безперервної дії

Даний автомат має чотири позиції: деталь потрапляє на позицію 4 автомат обертається деталі які не відповідають встановленим розмірам зіштовхуються з автоматом упорами h .

Широкого розповсюдження набули сортувальні пристосування з заслінками типові схеми подібних пристосувань показано рис. 3.7 та рис. 3.8 [14].

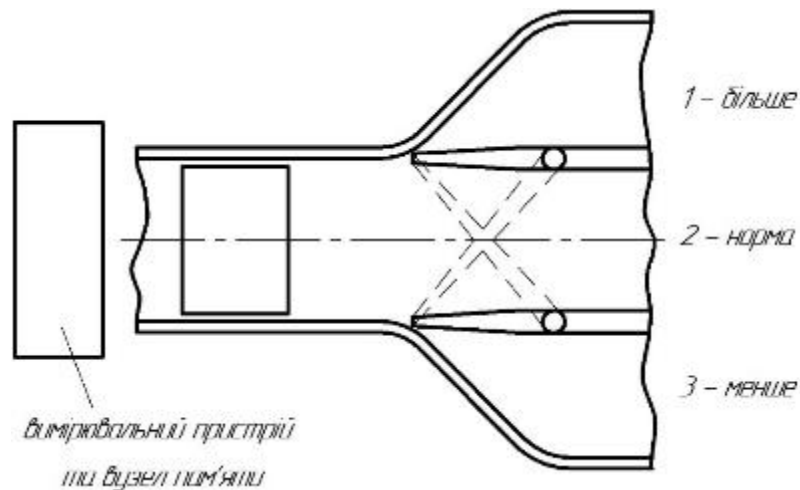


Рисунок 3.7 – Схема сортувального пристрою із заслінками

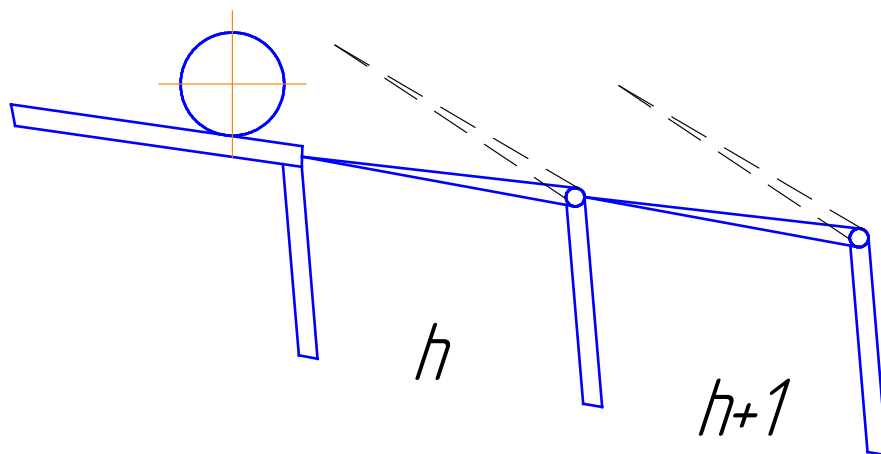


Рисунок 3.8 – Схема сортувального пристрою із заслінками, що піднімають

4 РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ. ВИЗНАЧЕННЯ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ДЕТАЛІ

Для виявлення зон концентрації напружень від дії прикладених навантажень необхідно виконати розрахунок НДС. Розрахунок виконуємо у NX ADVANTAGE SIMULATION. Тривимірна модель показана на рисунку 4.1.

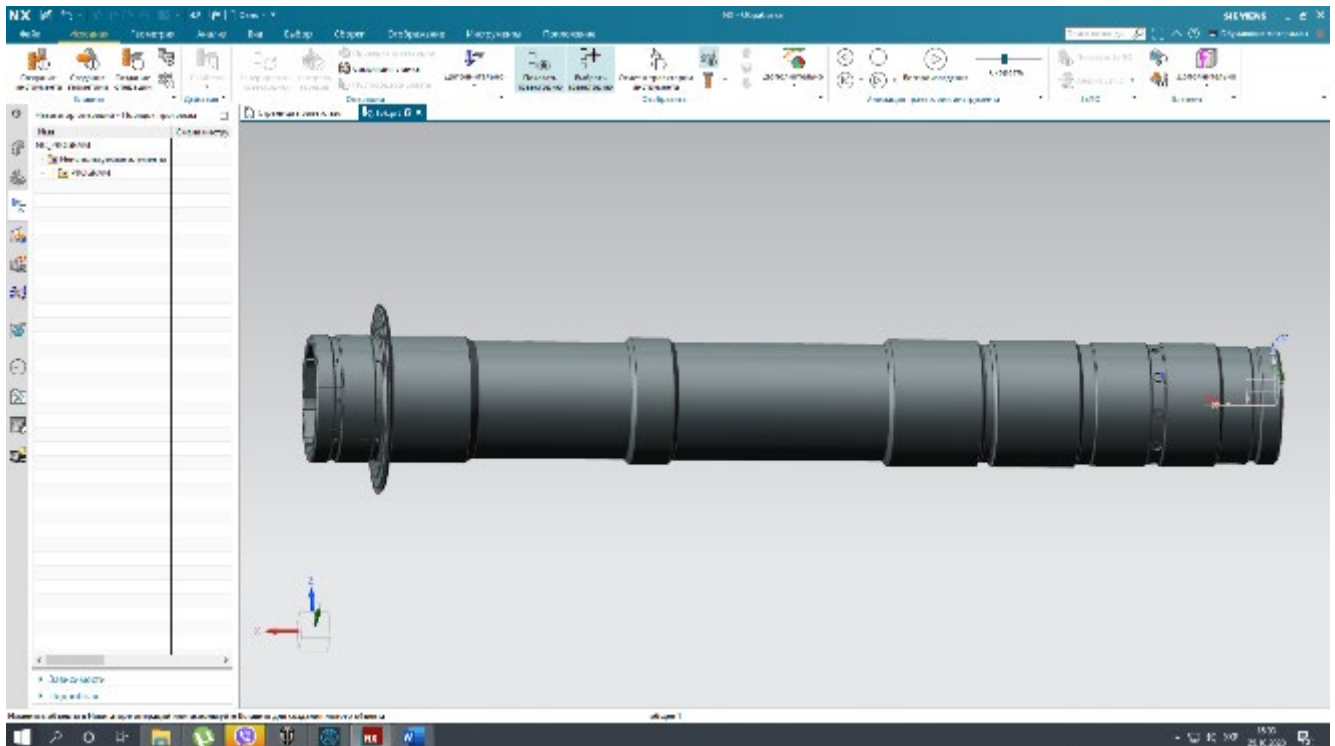


Рисунок 4.1 – Тривимірна модель втулки стяжної

На першому етапі розрахунку виконуємо розбивку моделі сіткою кінцевих елементів, для цього обираємо стандартний трикутний кінцевий елемент, результат показано на рисунку 4.2.

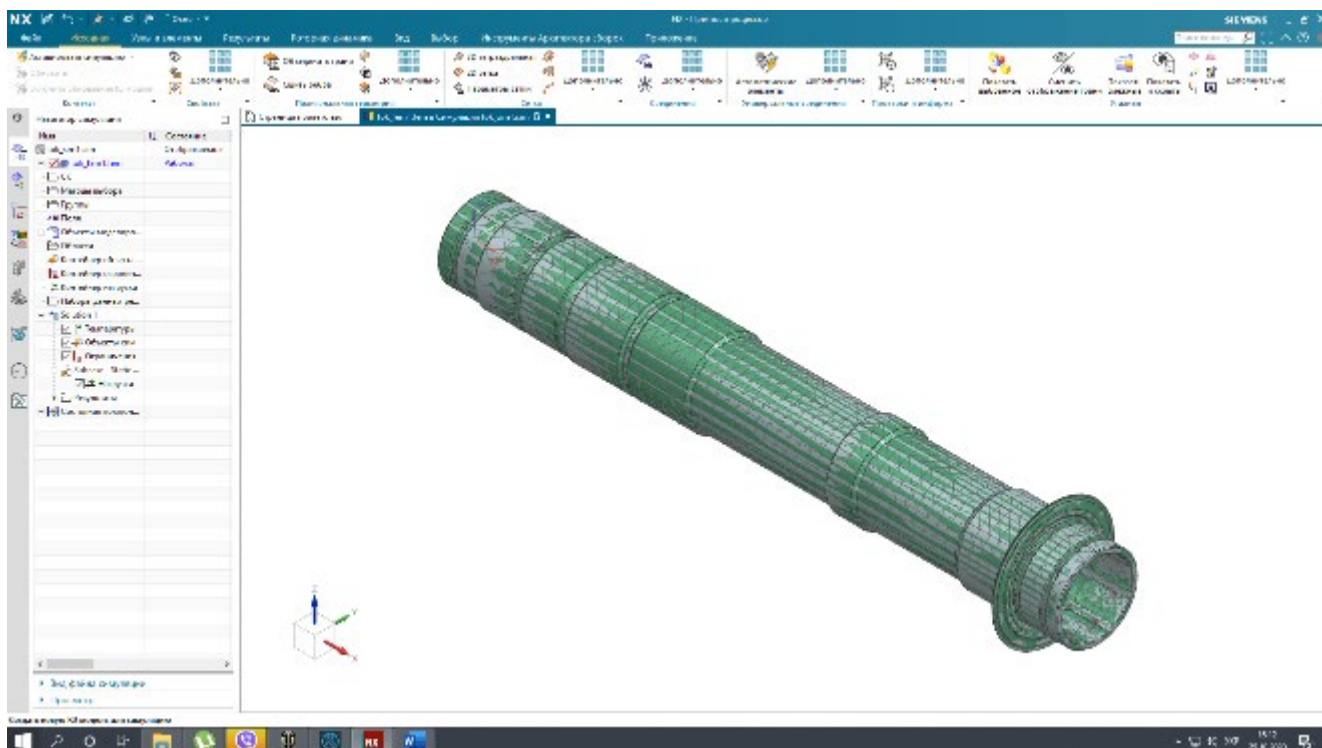


Рисунок 4.2 – Модель втулки стяжної розбита на сітку кінцевих елементів

Другий етап завданню параметри матеріалу досліджуємої деталі та виконуємо прикладення обмежень, що унеможливають переміщення деталі у окремих напрямках та навантажень які діють на деталь (рисунок 4.3).

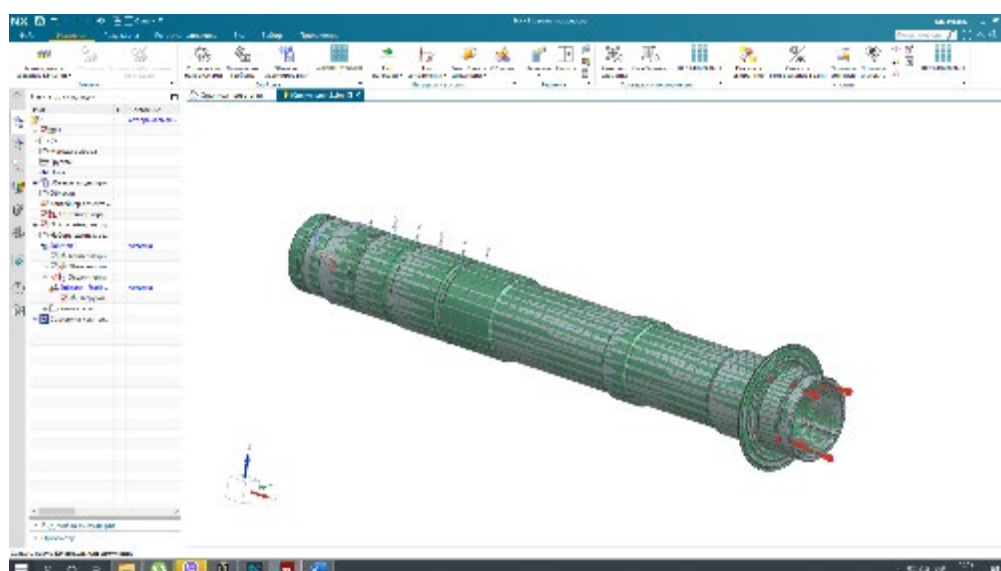


Рисунок 4.3 – Схема прикладення обмежень та навантажень

Наступним етапом виконуємо розрахунок НДС (рисунок 4.4).

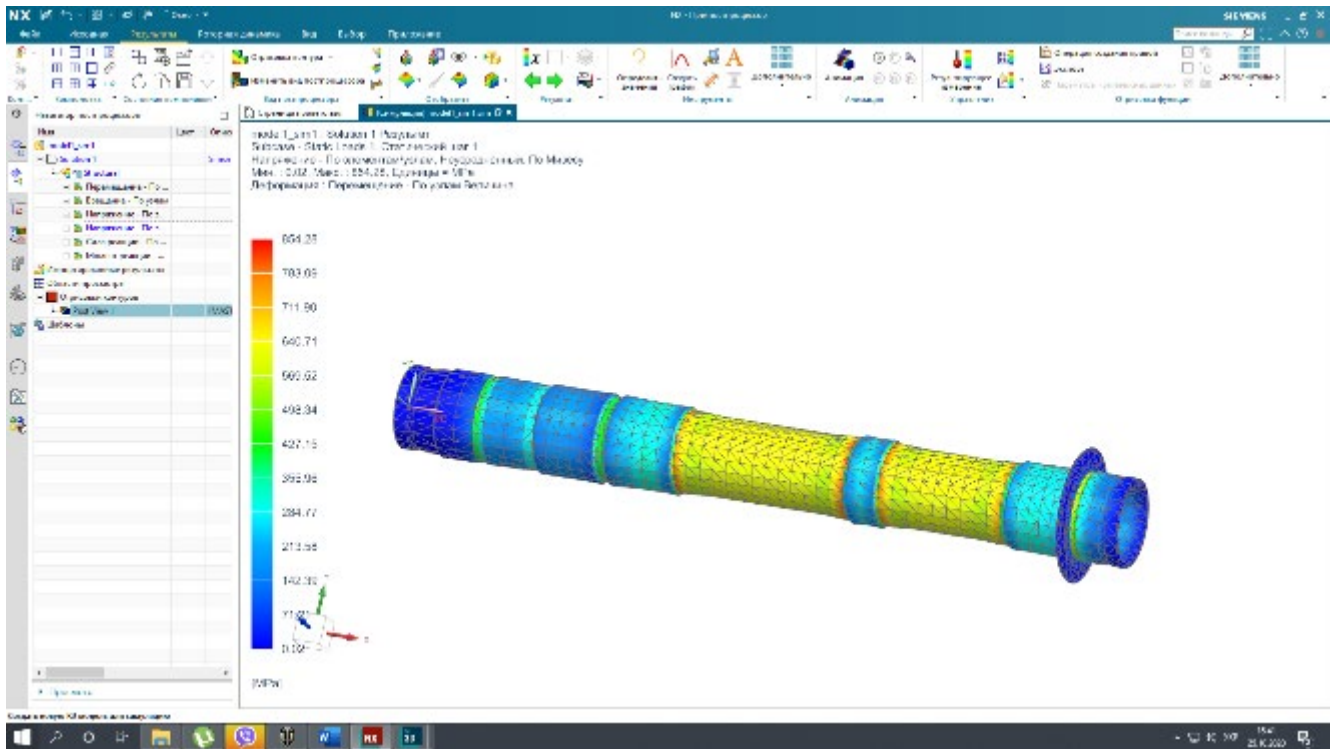


Рисунок 4.4 – Результат розрахунку НДС втулки стяжної

У результаті виконаного розрахунку можна зробити висновок, що при необхідності визначення точної картини розподілу напружень вкрай важливо знати реальну картину навантаження деталі, але доступ до цих даних частіше за все є обмеженим та являє собою комерційну таємницю.

Розрахунок показав, що найбільш небезпечним перерізом буде тонка стінка циліндричної частини валу та для підвищення його міцності необхідно виконувати його зміцнення одним з методів поверхнево пластичного деформування особливості застосування яких для тонкостінних деталей буде розглянуто далі.

Тонка стінка деталі є основним елементом деталі її оптимізація є не доцільною в обсязі даного завдання так як вимагає складних розрахунків на міцність та довгострокових перемовин з конструкторами та відділом міцності.

5 СПЕЦЗАВДАННЯ

Електроерозійна обробка отворів малого діаметру

Підвищення технічного рівня нових зразків авіаційно-космічної техніки вимагає нових підходів і технічних рішень в технології їх виготовлення. Так, розробка нових конструкцій форсунок, використовуваних для уприскування палива, фільтер «spinnerets» для виготовлення тонких вуглецевих волокон, різних фільтрів тонкого очищення з жорсткими вимогами до якості отримуваних отворів призводить до розвитку нових технологій і устаткування для виготовлення глибоких отворів малого діаметру [15].

Електроерозійна обробка (ЕЕО) є однією з поширених технологій виготовлення таких отворів. Вона дає можливість отримувати глибокі отвори діаметром 0,1-1 мм з різною геометрією поперечного перерізу, отворів з криволінійною віссю з прийнятною продуктивністю і точністю у виробках з високоміцних матеріалів, вживаних в авіаційно-космічній техніці. Використання спеціального оснащення дозволяє проводити одночасну обробку масиву отворів [15].

За допомогою SWOT- аналізу можна виявити достоїнства і недоліки, ризики і можливі напрями розвитку технологій ЕЕО отворів. Основною гідністю таких технологій є можливість рішення різних технологічних завдань відповідно до технічних вимог на виготовлення деталей з матеріалів з низьким коефіцієнтом оброблюваності різанням. До недоліків відносять низьку продуктивність, знос електроду-інструменту (ЕІ), нестабільність протікання процесу із-за наявності продуктів обробки в міжелектродному проміжку (МЕР), обмеження по складу оброблюваних матеріалів [15].

В той же час, виконаний аналіз дозволив виявити високий інноваційний потенціал електроерозійного методу обробки і технологій на його основі, уточнити можливі напрями розвитку і засоби рішення нових технологічних завдань. Так, є невикористані резерви, пов'язані з розробкою і застосуванням нових робочих

середовищ, інструментальних матеріалів, розширенням номенклатури інструментів складної конфігурації, виготовлених на основі нових технологій, розробкою засобів і методів інтенсифікації процесу видалення продуктів руйнування матеріалу з міжелектродного проміжку. Значні резерви інновацій не використані в комбінованих (гібридних) технологіях на основі ЕЕО [15].

Технології ЕЕО отворів малого діаметру забезпечені розвиненим ринком верстатів, їх комплектуючих і інструментів. Деякі моделі провідних виробників верстатів представлені на рис. 5.1 [15].



а



б



в



г

Рисунок 5.1 - Верстати нових моделей провідних світових виробників : а - Модель APos 800 CNC фірми Heun Funkenerosion; б - Модель K3HS фірми SodickCo; в - Модель Drill 20 фірм GF Machining Solutions; г - Модель SX80 hpm фірми Sarix.

Електроерозійний прошивочний верстат APos 800 CNC компанії Neun - Funkenerosion оснащений баком для робочої рідини об'ємом 600 літрів, адаптивною вимірювальною сенсорною системою, системою виміру зносу використовуваного електроду-інструменту (EI), а також системою заміни електроду у разі його зносу. У цьому устаткуванні є можливість підключення робота. Він дозволяє також здійснювати як прошивку отворів діаметром $\varnothing 0,16$ мм, так і 5-координатну обробку стержневим електродом-інструментом. Завдяки модульному високочастотному генератору швидкість прошивки мікроотворів на цьому верстаті досягає 65 мм/мін для нержавіючої сталі і 200 мм/хв для алюмінію [15].

Компанія Sodick випускає верстат K3HS для високошвидкісної електроерозійної обробки, який оснащений новітнім джерелом живлення LK2, простою системою управління LN Assist. Верстат має автоматичну систему подання EI і датчик, що сигналізує про прошивку отвору наскрізь.

Модель верстата SX80 hpm від Sarix призначена для прошивки отворів діаметром від 45 мікрон до 3 мм. Установка оснащена генератором імпульсів SX - MFPS, що забезпечує шорсткість обробленої поверхні до Ra 0,05 мкм. Є автоматична система контролю переміщення інструменту і система автоматичної заміни EI у разі його зносу [15].

Модель Drill 20 фірм GF Machining Solutions оснащена датчиками короткого замикання, температури і рівня рідини, передавальними інформацію на консоль оператора, що управляє. Устаткування дозволяє проводити як прошивку отворів діаметром $\varnothing 0,153$ мм, так і дротяно-вирізну обробку.

Провідними виробниками спеціальних електродів є компанії NIPPON TOKUSHUKAN MFG. CO., LTD (Японія), Titan (США), Prompt (Тайвань) [15].

Як ЕИ використовуються трубчасті одноканальні і багатоканальні (2, 3, 4 канали) електроди з вольфраму, міді, латуні. Через порожнини таких електродів прокачується робоча рідина під тиском в 7-10 МПа. В процесі обробки електродам надають обертання, що необхідно для ефективного видалення вторинних продуктів, що утворилися, в МЕР [15].

Мідні електроди застосовуються для обробки твердого сплаву і чавуну, а латунні популярні для обробки сталі. Одноканальні електроди дешевші за багатоканальні, їх використовують переважно для отворів діаметром до 1,5 мм. Багатоканальні електроди ефективніші, тому їх використовують для прошивки більших отворів. Технічні характеристики трубчастих електродів, наявних на ринку, зведені в таблиці. 5.1 [15].

Таблиця 5.1 - Технічні характеристики трубчастих електродів для глибокої прошивки [15]

Параметр	Порядковий номер типорозміру трубки				
	1	2	3	4	5
Форма перерізу					
Матеріал	Мідь	Латунь	Мідь	Мідь	Вольфрам
Діаметр	0,08...10мм	0,3...3мм	0,4...3мм	2,1...6мм	0,15...2,9
Довжина	250	300,400	300	300	200,250

Використовувана для прокачування робоча рідина може бути як на водній основі, так і на вуглеводневій сировині. Таке електроерозійне устаткування прийнято називати «супердрелями» (super drill), а саму технологію прошивки струминною електроерозійною обробкою.

Використання трубчастих електродів переважно для прошивки поодиноких отворів. Проте їх застосування для проведення прошивки масиву отворів припускає розробку і виготовлення спеціального оснащення, до якого пред'являються високі вимоги по точності виготовлення. Додаткові складнощі при проектуванні такої конструкції накладає необхідність забезпечення промивання МЕР [15].

Спростити завдання виготовлення такого оснащення дозволяє використання технології селективного лазерного спікання (SLM). З її допомогою автори роботи виготовили пакет з 9-ти електродів, кожен перерізом 2×2 мм з

корозійностійкої сталі 316L. Отриманий електродний блок характеризується наявністю порожнин, призначених для прокачування робочої рідини (рис. 5.2) [15].

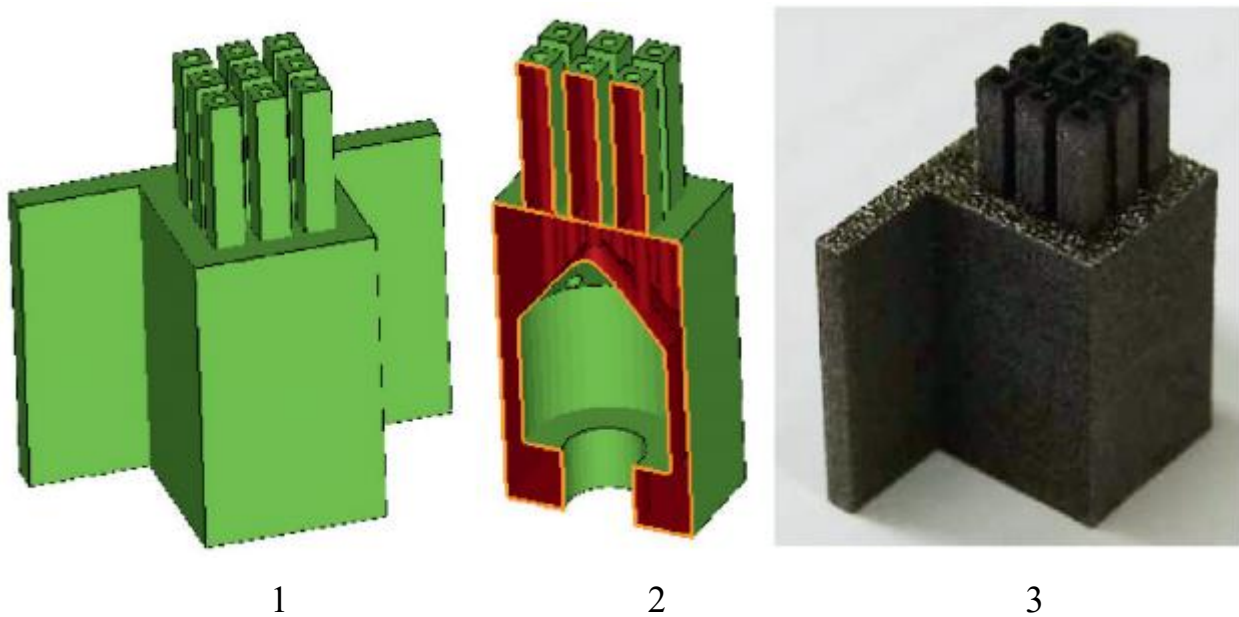


Рисунок 5.2 - Модель САПР (1), переріз моделі (2), фото готового ЕІ після механообробки (3)

Технологія виготовлення пакету електродів складається з декількох стадій:

1. Підготовка процесу SLS/SLM, тривалість 40 хв.
2. Виготовлення електроду — 3 години.
3. Чистова обробка електродів (пікоструминна обробка, нівеляція і електроерозійне підрізування електродів) — 2 години.

Виготовлення інструментів діаметром менше 300 мкм здійснюється за технологією електроерозійного шліфування електродом-дротом (WEDG). На рис. 5.3 представлений ЭИ, пруток, що є, із сталі AISI D2 завдовжки 15 мм і діаметром Ø50 мкм, отриманий електроерозійним шліфуванням [15].

Мікроелектроди меншого діаметру отримали автори роботи. Вони використали технологію парофазного осадження під впливом пучків іонів (FIB - CVD).

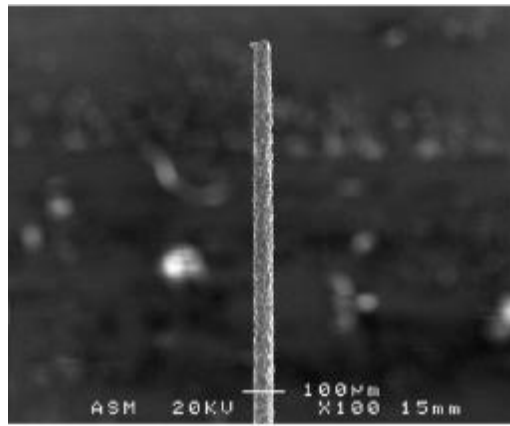


Рисунок 5.3 – Мікроелектрод, отриманий WEDG- технологією

Зазвичай ця технологія використовується для створення напівпровідникових мікроелементів на підкладці з кремнію. Варто відмітити, що структуру такого мікроінструменту можна змінювати шляхом підбору газу потрібного хімічного складу [15].

Унікальне програмне забезпечення (ПО) устаткування сумісне з такими поширеними програмами для 3D-моделювання, як Solidworks і Vectorworks. Це дозволяє виготовляти мікро- і наноелектроди різних розмірів і конфігурацій шляхом парофазового осадження під впливом пучків

іонів. Приклади таких наноелектродів різних конфігурацій розмірами менше 2 мкм, вирощених на мідній підкладці, представлені на рис. 5.4 [15].

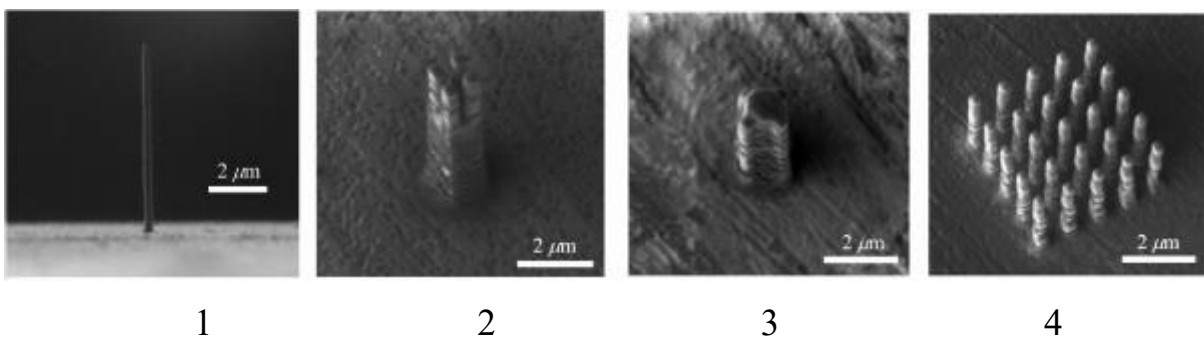


Рисунок 5.4 – Одностержневий (1), чотирьохстержневий (2), сложноконтурный (3) і 25-стержневий (4) наноелектроди

Оскільки матеріал електроду залежить від хімічного складу газу, технологія парофазового осадження під впливом пучків іонів дозволить створювати мікро- і наноелектроди з таких матеріалів, як платина, вольфрам і вуглець.

Організація процесу евакуації продуктів ЕЕО з МЕП є одним з найбільш важливих етапів проектування технологічної операції. Якщо розрядні імпульси слідує в певній послідовності і забезпечується постійне оновлення робочої рідини за рахунок природної або штучної евакуації продуктів ерозії, то процес обробки протікає стабільно і досягаються необхідні технологічні показники [15].

Природна евакуація продуктів електроерозійної обробки з МЕП через вузький бічний проміжок відбувається завдяки виштовхуючій дії газових пухирів, що утворюються. Проте зі збільшенням глибини, природний процес очищення оброблюваної області утруднюється. Використання такого методу штучної евакуації, як прокачування робочого середовища, через бічний проміжок не завжди представляється можливим. Тому для вирішення цієї проблеми авторами декількох робіт було запропоновано використання вібрацій і УЗ- коливань, накладених як на ЕІ, так і на заготовку [15].

Існує метод електроерозійної прошивки отворів шляхом похилого подання електроду з накладенням на нього УЗ-коливань. Виявлено, що використання подання ЕІ під кутом до поверхні заготовки призводить до інтенсифікації процесу.

В той же час для максимальної інтенсифікації прошивки отворів цим методом, необхідно знайти оптимальний кут подання ЕІ, тому як при позитивному вугіллі нахилу зону обробки разом з шламом може покинути і робоча рідина (дія капілярних сил на неї обмежена). До того ж позитивний кут нахилу призводить до утруднення очищення МЕП від бульбашок газу, що може привести до припинення обробки. А збільшення негативного кута нахилу ЕІ призводить до скупчення твердих часток в зоні обробки, що також призводить до припинення процесу прошивки отвору. Схема прошивки, а також залежність глибини отвору від кута подання ЕІ як з використанням УЗ-коливань, так і без них представлені на рис. 5.5, 5.6 [15].

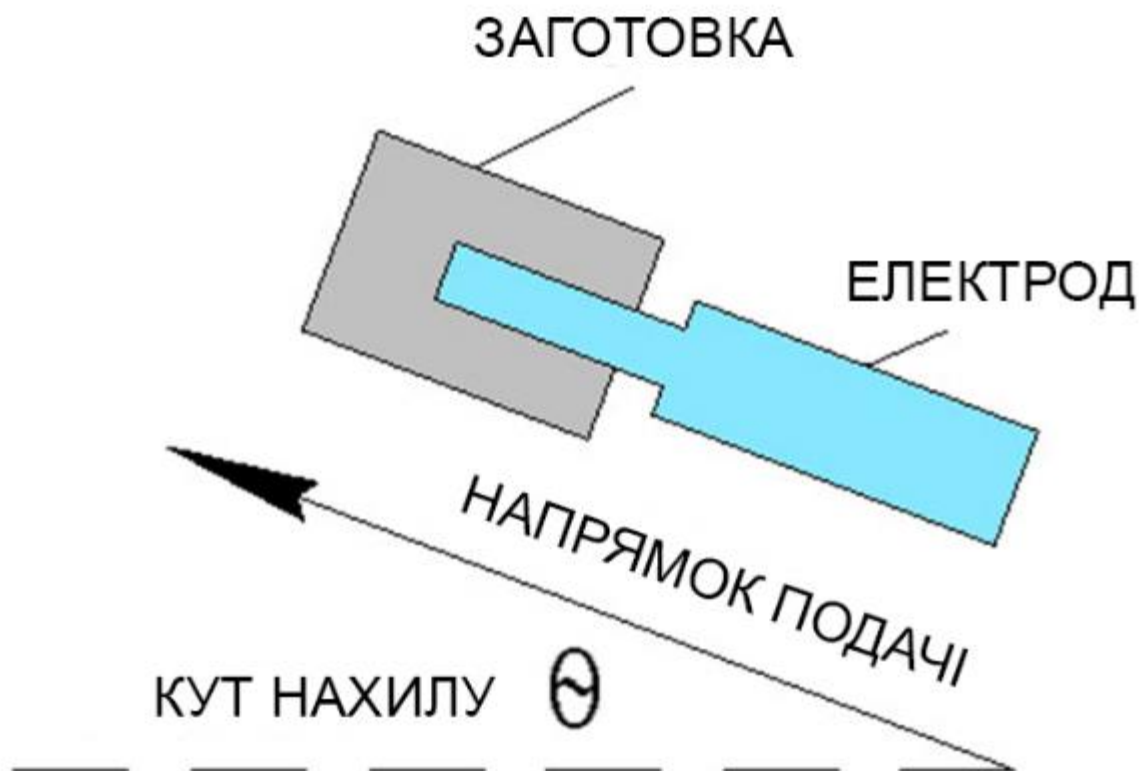


Рисунок 5.5 - Схема прошивки

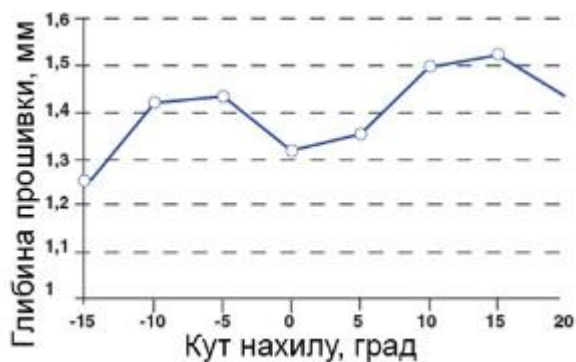
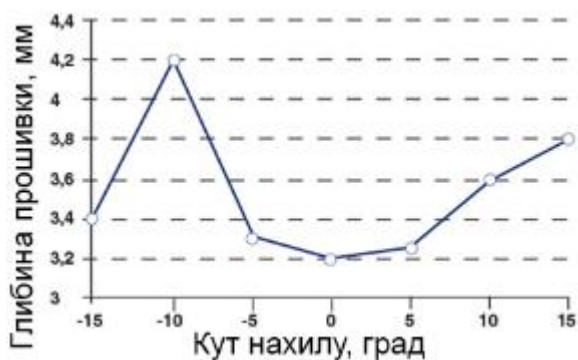


Рисунок 5.6 - Залежності глибини прошивки від нахилу ЕІ при використанні (ліворуч) УЗ-коливань і без використання (справа) УЗ-коливань

В результаті експерименту було виявлено, що найбільша ефективність використання похилого подання ЕІ проявляється при значенні кута подання - 10° при використанні УЗ і +15° без використання УЗ-коливань [15].

6 ОЦІНКА ОЧІКУВАНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ

Оцінку очікуваної ефективності від впровадження нових технологічних заходів при виготовленні деталі втулка стяжна будемо виконувати за стандартною методикою. У якості технологічного заходу будемо визначати економічний ефект від впровадження більш сучасного методу отримання отворів. Його застосування визве додаткові капітальні вкладення але за рахунок більшої продуктивності та зносостійкості можемо прогнозувати значний економічний ефект. Вихідні данні надані у таблиці 6.1 [16].

Таблиця 6.1 Данні по розрахунку від впровадження заходів оптимізації

Показник	Варіант	
	Отримання отвору свердлінням	Електроерозійна обробка отворів
Програма випуску деталей, шт.	100	100
Собівартість інструменту, грн.	50	67
Необхідні витрати на впровадження, грн.	200	354
Продуктивність інструменту	50	100
Термін використання	1	3
Витрати при експлуатації, грн.	25,3	9,78
Супутні витрати, грн.	53,7	36,9
Нормативний показник інвестування Е	0,15	0,15

Визначимо витрати за базовим та більш прогресивним варіантом [16]:

$$З = С + Е \times К \quad (6.1)$$

де С – витрати на виготовлення однієї деталі;

Е – нормативний показний інвестування;

K – витрати на впровадження

$$Z_1 = 50 + 0,15 \times 200 = 80 \text{ грн}$$

$$Z_2 = 67 + 0,15 \times 354 = 120,1 \text{ грн}$$

Розрахуємо річний економічний ефект [16]:

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

де Z — витрати на одиницю продукції;

P_1, P_2 — норма випуску;

T_1, T_2 — норма реновації;

B_1, B_2 — витрати на експлуатацію;

K_1, K_2 — капітальні вкладення супутні експлуатації;

N - річний обсяг виробництва засобу праці нової конструкції.

$$E = \left(80 \times \frac{100 \times (0,2 + 0,15)}{100 \times (0,14 + 0,15)} + \frac{25,3 - 9,78 - 0,15 \times (53,7 - 36,9)}{0,14 + 0,15} - 120,1 \right) \times 100 = 2128 \text{ грн}$$

Відповідно річний економічний ефект від впровадження більш прогресивного інструменту навіть при такій невеликій партії складає 2128 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. Механічні травми різного ступеню важкості:

а) можливі із-за неувважності та недостатньої професійної підготовки персоналу; б) потенційно можливі внаслідок нерационального планування робочого місця (вузьких проходів, недостатньої освітленості); в) захаращення заготовками і деталями робочого місця при неправильній організації виробничого процесу; г) порізи, забій та пошкодження шкіряного покриву при розвантаженні і завантаженні заготовок та деталей без рукавиць; д) пошкодження шкіряного покриву рук гострими кромками, шор кістю на поверхні заготовок, інструменту, обладнання, відходів при роботі без рукавиць.

2. Можливе травмування очей стружкою або металевим пилом, що відлітає в процесі обробки матеріалів, під час прибирання робочого місця без захисних окулярів або щитків [17].

3. Довготривалий дискомфорт під час виконання роботи в одноманітній позі сприяє передчасному розвитку загальної втоми, зниженню працездатності, а при систематичній безперервній роботі призводить до захворювань периферійної нервової системи: невритів, радикулітів.

4. 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).

ВИСНОВОК

В процесі виконання магістерської роботи було розроблено прогресивний процес виготовлення деталі «Втулка стяжна». При виконанні роботи були враховані всі технологічні особливості підвищення якісних та експлуатаційних характеристик заданої деталі.

При порівняльному розрахунку було обрано більш раціональний метод виготовлення заготовки. Ретельно розроблено маршрут виготовлення деталі з врахуванням даних отриманих при розрахунку припусків та МОП. В процесі розробки технологічних операцій розраховані режими різання та нормування. За допомоги сучасного програмного забезпечення NXCAM розроблено три технологічних операції щодо їх виконання на верстатах з ЧПК.

Розроблені конструкції робочого та контрольного пристосувань. Використовуючи програмне забезпечення NX ADVATAGE SIMULATION розраховано напружено деформований стан деталі та зроблено рекомендації щодо підвищення міцності деталі.

Виконано спеціальне завдання на тему особливості зміцнення тонкостінних деталей.

Технологічний процес розроблений з урахуванням вимог охорони праці та стійкості до надзвичайних ситуацій. Розраховано економічний ефект від впровадження прогресивного інструменту, який склав 2128грн при партії деталей 100шт.

Складено альбом технологічної документації на виготовлення деталі «Втулка стяжна».

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» (8.090202) та «Технологія будування авіаційних двигунів» (7.0902260) усіх форм навчання / Склали: Яценко В.К., Ципак В.І., Кореневський Є.Я., Хорошков В.Д., Кононов В.В., Смирнов О.С., Сахно О.Г., Зінкевіч К.В., Гончар Н.В., Пухальська Г.В., Алексеєнко О.В., Каліуш В.І., Савчук Н.О. – Запоріжжя, ЗНТУ, 2003. 245 с.
2. Справочник технолога - машиностроителя. Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. - М.: Машиностроение, 1985.
3. Маталин А.А. и др. Проектирование технологических процессов обработки деталей на станках с числовым программным управлением.-Л., 1977г.
4. Стандарты предприятия: Система качества, Положения о цехе основного производства ОАО "Мотор Сич", 1998. –45с.
5. Должностная инструкция. СТП 549.00.200.1 – 2004 г.
6. Горохов В.А. «Проектирование и расчет приспособлений»: Учебное пособие для студентов вузов. – Минск: «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.

8. В.А. Богуслаев, В.А. Лиховицер, А.С.Смирнов. Станочные приспособления, монография., – г. Запорожье , изд. ОАО «Мотор Сич». 2000 г.,461 с.
9. 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.
10. 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://poznayka.org/s93955t1.html>
15. <https://ritm-magazine.ru/ru/public/elektroerozionnaya-proshivka-glubokih-otverstiy-malogo-diametra>
16. Расчет экономической эффективности: метод. рекомендации / Л. И. Васильцова, Н. А. Александрова. – Екатеринбург: УрГУПС, 2017. – 43, [1] с
17. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках.-М.: Энергоатомиздат, 1985.-376с. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування: Навч. посіб. – Суми:Університетська книга, 2011. 557 с.

ДОДАТОК Б

Специфікація контрольного пристосування

Формат	Зона	Поз	Позначення	Найменування	Кол.	Примітка
A1						
				Документація		
				Складальне креслення	1	
Склад. №				Деталі		
		1		Опора ліва	1	
		2		Опора права	4	
		3		Вісь	1	
		4		Планка	1	
		5		Обмежувач	2	
		6		Штовхач	1	
		7		Втулка	1	
		8		Хрестовина	1	
		9		Кришка	1	
		10		Кільце	1	
		11		Опора	1	
		12		Планка	1	
		13		Валік	1	
		14		Рухомий вал	1	
		15		Прокладка	1	
		16		Основа	1	
		17		Пружина	1	
		18		Ручка	1	
		19		Штифт	1	
		20		Основа	1	
		21		Вісь	1	
		22		Конус	1	
Підп. і дата						
Взам. инд. №						
Інд. № докл.						
Підп. і дата						
Інд. № подл.						
НУЗП 40224.1.002						
Ізм. / Лист				Лист		
Разроб.				Лист		
Проб.				Лист		
Т. контр.				Лист		
Н.контр.				Лист		
Утв.				Лист		
Варова				Лист		
Дядя				Лист		
Дядя				Лист		
Пухальська				Лист		
Дядя				Лист		
Пристосування для перевірки				Лист		
біття				Лист		
НУЗП				Лист		
МЗ- 119м				Лист		
Копіював				Лист		
Формат				Лист		
A4				Лист		

[illegible]

Konnotation

Φαρματ Α4

ДОДАТОК В

ОХОРОНА ПРАЦІ

В Україні при організації виробництва, незалежно від сфери діяльності та форми власності, приділяється всебічна увага для створення безпечних та комфортних умов праці. Але як свідчать статистичні дані, рівень травматизму в машинобудівній галузі залишається високим. Це пов'язано із специфікою галузі, застосуванням застарілого обладнання, насиченістю виробництва механізмами, що постійно переміщуються, відсутністю автоматизації. Крім того, постійною проблемою залишається так званий «людський фактор» - порушення працюючими правил та норм роботи і поведінки. При розробці технологічного процесу обробки деталей враховувались вимоги нормативно-правових актів та передбачених законодавством України заходів.

Небезпека ураження електричним струмом при використанні верстатів, приладів з'являється при недотриманні заходів безпеки, а також при відмові або несправності цього обладнання. Наслідки ураження електричним струмом залежать від багатьох факторів: опору організму, величини, тривалості дії, роду і частоти струму, шляхів його проходження через життєво важливі органи, умов зовнішнього середовища [B1].

Щоб уникнути механічних та електричних травм під час технологічного процесу передбачені заходи по проведенню навчання, перевірки знань з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих згідно НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» [B2].

Відповідно НПАОП 40.1-1.32-01 «Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок» - приміщенні механічного цеху відноситься до категорії з підвищеною небезпекою (сухе – відносної вологості не більше 60%, металевий пил в повітрі, температура до 30°C, залізобетонна підлога).

заготовок в спеціальній тарі. Використання планшетів для креслення дозволяє понизити втому і виробничий травматизм.

Звільнена тара має бути видалена з робочого місця в спеціально відведене для неї місце. Висота штабелів заготовок на робочому місці вибрана з урахуванням їх стійкості і зручності зняття з них деталей. Вона дорівнює 0,7 м; ширина між штабелями 0,8 м. Крім того, безпека праці забезпечується:

- використанням в конструкціях технологічного устаткування спеціальних захисних засобів;

- дотриманням ергономічних вимог відповідно ДСТУ EN 894-3:2017 «Безпечність машин. Ергономічні вимоги до проектування індикаторів і органів керування. Частина 3. Органи керування»;

- включенням вимог безпеки в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту устаткування.

- застосуванням знаків безпеки для попередження про небезпеку відповідно до «Технічного регламенту знаків безпеки і захисту здоров'я працівників» затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2009 р. № 1262 (Офіційний вісник України, 2009 р., № 92, ст. 3118).

Обслуговування універсальних верстатів з елементами ручного керування пов'язане з тривалим перебуванням у вимушеній робочій позі, статичним навантаженням, напруженням уваги, що в свою чергу, призводить до підвищеної втоми та нервово-емоційного напруження. Тобто під час роботи людина постійно відчуває енергетичне та інформаційне напруження. Профілактика: поступове входження в роботу; рівномірність та ритмічність у роботі; послідовність та систематичність; позитивні емоції підвищують продуктивність праці на 8–11%. З метою профілактики передчасної втоми робочі місця організовуються з урахуванням антропометричних даних людини, передбачено регламентовані короткочасні перерви (ДСТУ EN 547-2018 «Безпечність машин. Частина 3. Антропометричні дані». Регламентовані (5-15хвилин) перерви на відпочинок

протягом робочої зміни сприяють покращенню та відновленню фізіологічних функцій організму, підвищенню роботоздатності та продуктивності праці. В умовах виконання робіт, що потребують значних фізичних навантажень, з метою відновлення сил і енергії, доцільним є встановити більш тривалі перерви (15-20 хвилин) в першій та другій половинах робочої зміни. Для робіт, що характеризуються значною монотонністю доцільно передбачити короткі перерви (5хвилин) через кожну годину роботи. Для робіт з суттєвим емоційним навантаженням – короткі перерви (5-10хв.) 3-4 рази за зміну.

7.3 Заходи безпеки при роботі на шліфувальних і заточувальних верстатах

Заходи по забезпеченню безпеки розроблено відповідно «Правилам охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», Затверджено Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 р. за № 327/25104 та ДСТУ EN ISO14159-2018 «Безпечність машин. Гігієнічні вимоги до конструкції машин» [В7, В8]. Враховано:

- установка абразивних кіл на верстатах повинна проводитися тільки спеціально проінструктований наладчиками;
 - перед установкою коло ретельно оглянути на відсутність тріщин;
 - користуватися колами, що мають тріщини або вибоїни, забороняється.
- Круги абразивні повинні мати штамп або наклейку про випробування - порядковий номер кола і підпис особи, відповідальної за випробування. Використання кіл без відмітки про випробування забороняється. Дані про випробування кожного кола записуються в журнал випробувань кола;
- біля кожного верстата розміщено табличку із зазначенням допустимої роботи окружної швидкості використовуваних кіл і частоти обертання шпинделя верстата в хвилину;
 - обертається абразивний круг, виступаючі кінці шпинделя і кріпильні деталі захистити захисними кожухами;

- підручники повинні мати достатню за величиною майданчик для стійкого положення оброблюваного виробу. ЗаМОР між краєм підручника і робочою поверхнею шліфувального круга повинен бути не більше 3 мм;
 - при заточуванні інструменту не ставати проти поворотного круга. Стояти дозволяється поза небезпекою обертання кола (каменя);
 - при роботі на верстаті підводити деталь необхідно плавно, не допускати ударів деталі об коло;
 - при виявленні биття кола необхідно зупинити верстат і встановити несправність;
 - під час виконання операції заточування, інструмент надійно тримати в руках, щоб не допустити заклинювання його між підручником і кругом. Під час роботи заточувальних верстатів не допускається: зачищати коло і торкатися його руками;
 - користуватися несправними і невипробованим колами;
 - відкривати захисні кожухи кола, ~~вала~~ шпинделя, шківів, ременя;
 - одягати, знімати і перекладати ролики;
 - працювати без підручника, захисного екрана або окулярів, якщо верстат не заземлений і не обладнаний установкою для відсмоктування абразивного пилу.
- (Правила охорони праці під час роботи з інструментом та пристроями», Затверджено Наказ Міністерства енергетики та вугільної промисловості України 19.12.2013 № 966. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 лютого 2014 р. за № 327/25104).

В.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

Заходи з виробничої санітарії і гігієни праці для механічної дільниці та робочих кімнат розроблені відповідно до вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу», МЮУ 06.05.2014 р. за № 472/25249 (далі – «Гігієнічна

класифікація праці»), ДСанПіН 3.3.2.007-98 «Державні стандартні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-7.15-18 «Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями» [B9].

Метеорологічні умови на механічній дільниці: температура повітря, відносна вологість повітря й швидкість його переміщення відповідають встановленим санітарно-гігієнічним вимогам ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» і ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Загальні « Санітарно-гігієнічні норми к повітрю робочій зоні» і ГН 2152-80 «Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень». Роботи на дільниці належать до категорії Па – робота середньої важкості, тому передбачені наступні оптимальні значення параметрів мікроклімату [B10, B11]:

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

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

Забезпечення таких параметрів мікроклімату досягається оснащенням приміщень системою опалювання, що збалансована з припливно-витяжною вентиляцією, згідно ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Неправильне проектування або несправність систем опалення та вентиляції в приміщенні може призвести до негативних впливів на здоров'я працівників у вигляді простудних захворювань, перегрівань в літку, проблем із дихальними шляхами тощо. Для профілактики професійних захворювань дихальних шляхів, на робочих місцях передбачається контроль концентрації хімічних речовин, що присутні в металевому пилу при обробці деталей, особливо при поліруванні та шліфуванні. В залежності від концентрації шкідливих речовин в робочому приміщенні визначається необхідний повітрообмін. В адміністративно-побутових приміщеннях, при роботі на ПК рекомендується трьох кратний повітрообмін (НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під

час роботи з екранними пристроям) [B12, B13].

Згідно ДБН В.2.5-28-2018 «Природне і штучне освітлення» на механічній дільниці передбачено природне, штучне та місцеве освітлення. При значному напруженні органу МОРу, особливо при виконанні робіт на ПК, природне освітлення має суттєве значення для працюючих. Воно сприятливо впливає на органи зору, стимулює фізіологічні процеси, підвищує обмін речовин та покращує загальне самопочуття. Достатність і рівномірність освітлення можна оцінити за світловим показником (СК) (відношення загальної площі вікон до площі підлоги). Найбільш раціональна форма вікон - прямокутна, висотою 2-2,5 м, при збереженні висоти підвіконника 0,8 м шириною 1,8-2,0 м, верхній край вікна повинен бути на відстані 0,15-0,3 м від стелі. Ширина простінків між вікнами повинна бути не більшою 0,5 м, висота підвіконня - 0,8 м, СК 1:4-1:5. Для забезпечення оптимального природного освітлення слід передбачити: кут, під яким видно небо з найбільш віддаленого робочого місця від вікна, повинен бути не меншим 5 град.; показник затінення менше 3 [B14].

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 РСР, з гаморозрядними лампами типу ДРЛ. Лампи мають високу ефективність, економічні, надійні, строк експлуатації понад 8000-14000 годин [B14].

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 [B14].

В.4 Заходи з пожежної безпеки

Заходи з пожежної безпеки для механічного цеху розроблено відповідно до вимог НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні» [B15].

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.)

Згідно із методикою визначення категорій приміщень та будівель за вибухопожежною та пожежною небезпекою, який регламентується ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою» та СНиП 2.09.02-85* «Виробничі приміщення» механічна дільниця відповідає категорії «Д» з пожежної небезпеки – наявність незаймистих речовини і матеріали в холодному стані [B16].

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 СНиП 2.09.02-85* «Виробничі приміщення» становить 70 метрів.

Згідно вимог «Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників», затверджених наказом МВСУ 15.01.2018 № 25 та зареєстрованих в МЮУ 23.02.2018 р. за № 225/31677 приміщення оснащене переносними вуглекислотними вогнегасниками ВВК-3 з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² площі приміщення з урахуванням гранично допустимих концентрацій вогнегасної рідини. Доцільність використання даного вогнегасника пояснюється його властивостями. Вогнегасник призначений для гасіння загорання різних речовин, горіння яких не може відбуватися без доступу повітря, загорання електроустановок, що знаходяться під напругою, загорання в приміщеннях при наявності оргтехніки. Головною особливістю вуглекислотний вогнегасників є відсутність слідів гасіння так як вуглекислота після використання не залишає слідів і бруду [B17].

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.

Враховуючи пожежну небезпеку в приміщеннях та на ділянці також передбачено систему автоматичного пожежогасіння та первинні засоби пожежогасіння (вогнегасники типу ВВК-3) [B17].

В.5 Заходи по забезпеченню безпеки у надзвичайних ситуаціях

Організація навчання працюючого та непрацюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях. Згідно Кодексу цивільного захисту України [B17]:

1. Навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях здійснюється:

- 1) за місцем роботи - працюючого населення;
- 2) за місцем навчання - дітей дошкільного віку, учнів та студентів;
- 3) за місцем проживання - непрацюючого населення.

2. Організація навчання діям у надзвичайних ситуаціях покладається:

1) працюючого та непрацюючого населення - на центральний орган виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, Раду міністрів Автономної Республіки Крим, місцеві державні адміністрації, органи місцевого самоврядування, які розробляють і затверджують відповідні організаційно-методичні вказівки та програми з підготовки населення до таких дій;

2) дітей дошкільного віку, учнів та студентів - на центральний орган виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, який розробляє та затверджує навчальні програми з вивчення заходів безпеки, способів захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних надзвичайними ситуаціями, з надання домедичної допомоги за погодженням з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3. Стандартами професійно-технічної та вищої освіти передбачається набуття знань у сфері цивільного захисту.

4. Порядок здійснення навчання населення діям у надзвичайних ситуаціях встановлюється Кабінетом Міністрів України.

5. Громадські організації та позашкільні навчальні заклади здійснюють навчання діям у надзвичайних ситуаціях відповідно до своїх статутів.

Стаття 40. Навчання працюючого населення

1. Навчання працюючого населення діям у надзвичайних ситуаціях є обов'язковим і здійснюється в робочий час за рахунок коштів роботодавця за програмами підготовки населення діям у надзвичайних ситуаціях, а також під час проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту.

2. Порядок організації та проведення спеціальних об'єктових навчань і тренувань з питань цивільного захисту визначається центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

3. Для отримання працівниками відомостей про конкретні дії у надзвичайних ситуаціях з урахуванням особливостей виробничої діяльності суб'єкта господарювання у кожному суб'єкті господарювання обладнується інформаційно-довідковий куточок з питань цивільного захисту.

4. Особи під час прийняття на роботу та працівники щороку за місцем роботи проходять інструктаж з питань цивільного захисту, пожежної безпеки та дій у надзвичайних ситуаціях.

5. Особи, яких приймають на роботу, пов'язану з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Працівники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік проходять перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання та перевірку знань з питань пожежної безпеки.

6. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань цивільного захисту, зокрема з пожежної безпеки, забороняється.

7. Програми навчання з питань пожежної безпеки погоджуються з центральним органом виконавчої влади, який забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту.

Стаття 41. Формування культури безпеки життєдіяльності населення.
Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку

1. Культура безпеки життєдіяльності населення - це сукупність цінностей, стандартів, моральних норм і норм поведінки, спрямованих на підтримання самодисципліни як способу підвищення рівня безпеки.

2. Популяризація культури безпеки життєдіяльності серед дітей та молоді організовується і здійснюється центральним органом виконавчої влади, який

забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері цивільного захисту, спільно з центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування та реалізує державну політику у сфері освіти і науки, громадськими організаціями шляхом:

- 1) проведення шкільних, районних (міських), обласних та всеукраїнських змагань з безпеки життєдіяльності;

- 2) проведення навчально-тренувальних зборів і польових таборів;

- 3) участі команд - переможниць у заходах міжнародного рівня з цих питань.

3. Навчання учнів, студентів та дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та правилам пожежної безпеки є обов'язковим і здійснюється під час навчально-виховного процесу за рахунок коштів, передбачених на фінансування навчальних закладів.

4. Навчання дітей дошкільного віку діям у надзвичайних ситуаціях та запобігання пожежам від дитячих пустощів з вогнем проводиться шляхом формування у них поведінки, відповідної віку дитини, щодо власного захисту та рятування.

Стаття 42. Навчання непрацюючого населення

1. Непрацююче населення самостійно вивчає пам'ятки та інший інформаційно-довідковий матеріал з питань цивільного захисту, правила пожежної безпеки у побуті та громадських місцях та має право отримувати від органів державної влади, органів місцевого самоврядування, через засоби масової інформації іншу наочну продукцію, відомості про надзвичайні ситуації, у зоні яких або у зоні можливого ураження від яких може опинитися місце проживання непрацюючих громадян, а також про способи захисту від впливу небезпечних факторів, викликаних такими надзвичайними ситуаціями.

Таким чином, в процесі трудової діяльності кожен працівник повинен дотримуватися заходів з охорони праці, до яких належать дотримання правил техніки безпеки та особистої гігієни, дотримання виробничої дисципліни і правил внутрішнього розпорядку, утримання в чистоті і порядку робочого місця, дотримання місцевих виробничих інструкцій, застосування індивідуальних

захисних засобі та вміти надати першу медичну допомогу при невідкладних станах. Виконання зазначених правил та вимог дасть можливість зберегти здоров'я протягом всієї трудової діяльності.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ ДОДАТКУ В

В.1 НПАОП 0.00-4.12-05.Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці. [На заміну ДНАОП 0.00-4.12-99, ДНАОП 0.00-8.01-93]. К. : Держнагляд охорони праці, 2005. 26с.- (Нормативно-правовий акт охорони праці)

В.2 ПУЕ-2017. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86 ; чинний з 2017-08-21]. К. : Міненерговугілля України, 2017. 617 с.

В.3 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)

В.4 ДСТУ EN ISO 14120:2017«Безпечність машин. Захисні огорожі. Загальні вимоги до проектування та будівництва стаціонарних і знімних захисних огорож».

В.5 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 .

В.6 Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. Курс лекцій. Практикум. [Текст] : Навч. посіб. – Суми: Університетська книга, 2009. – 540

В.7 Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу. [На заміну ГН 3.3.5-8.6.6.1-2002 ; чинний від 2014-05-30]. К. : МОЗ України, 2014. 37 с. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14>. (Державні санітарні норми та правила)

В.8 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>.

В.9 ГОСТ 12.1.005-88 (1991) «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

В.10 Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с. + 1 эл. опт. диск (CD-ROM). ISBN 978-617-07-0134-39

В.11 НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. К. : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0508-18>. (Нормативно-правовий акт охорони праці).

В.12 ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. К. : Мінрегіон України, 2018. 133 с.

В.13 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)

В.14 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)

В.15 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)

В.16 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)

В.17 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>.