

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

Кафедра інжинірингу машинобудівних технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та
ініціали)

«24» січня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

студенту Вороновський Богдан Іванович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Вдосконалення технологічного процесу механічного оброблення корпусу 41- 46.012

Керівник роботи Паньків Марія Романівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 23 » січня 2023 року № 4/7-41 .

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи , базовий технологічний процес виготовлення корпусу 41- 46.012, річна програма випуску -15 000 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Зміст. Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина.

Конструкторська частина. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Креслення заготовки деталі. Технологічні налашки на операції. Креслення контрольних пристосіблень. Пристрій для механічної обробки деталі.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Безпека життєдіяльності та основи охорони праці</i>	<i>Сенчишин В.С., к.т.н., доцент</i>		

7. Дата видачі завдання 24 січня 2023 р.**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Реферат</i>	<i>14.06.2023</i>	
2	<i>Зміст</i>	<i>14.06.2023</i>	
3	<i>Вступ</i>	<i>11.02.2023</i>	
4	<i>Загально-технічна частина</i>	<i>11.02.2023</i>	
5	<i>Технологічна частина</i>	<i>06.06.2023</i>	
6	<i>Конструкторська частина</i>	<i>06.06.2023</i>	
7	<i>Безпека життєдіяльності, основи охорони праці</i>	<i>11.06.2023</i>	
8	<i>Висновки</i>	<i>14.06.2023</i>	
9	<i>Перелік посилань</i>	<i>14.06.2023</i>	
10	<i>Графічна частина</i>	<i>14.06.2023</i>	

Студент

(підпис)

Вороновський Б.І.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паньків М.Р.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

В КРБ розроблено технологічний процес механічної обробки деталі корпус 41-46.012, спроектовано план ділянки механообробного цеху, розроблено ряд заходів по охороні праці та середовища, розраховано економічну доцільність впровадження розробленого технологічного процесу. Розроблені конструкції пристроїв для механічної обробки і контролю корпусу редуктора. Проведено відпрацювання вимог на технологічність та розмірний аналіз технологічного процесу.

Об'єм пояснювальної записки, включаючи документацію на технологічний процес обробки різанням і специфікацій на пристрої для механічної обробки і на контрольний пристрій – сторінок.

ЗМІСТ
РЕФЕРАТ
ВСТУП

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

- 1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб.
- 1.2 Аналіз базового технологічного процесу
- 1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

- 2.1 Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва
- 2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки
- 2.3 Вибір методу обробки поверхонь
- 2.4 Вибір технологічних баз
- 2.5 Визначення допусків, припусків і операційних розмірів
- 2.6 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення
- 2.7 Нормування техпроцесу, уточнення типу виробництва
- 2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

- 3.1 Вибір пристосувань для механічної обробки
- 3.2 Розрахунок пристрою на точність

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

ВИСНОВКИ
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб

Об'єктом виробництва являється корпус редуктора 41-46.012. В нашому випадку розглядаємо одноступеневий, циліндричний із зубчатим типом передачі, горизонтальний редуктор. Даний редуктор призначений для передачі крутного моменту від електродвигуна до гідронасосів, які, в свою чергу, приводять в дію гідроциліндри підйому і нахилу автотранспортувача. Крутний момент від електродвигуна передається на швидкохідний вал редуктора. Цей вал монтується на підшипниках в отворах $\varnothing 90$ мм. Далі крутний момент за допомогою ведучої шестерні і веденого колеса передається на тихохідний вал, що є порожнистим і монтується на підшипниках в отворах $\varnothing 125$ мм. В середині тихохідного валу нарізані шліци, за допомогою яких вали гідронасосів під'єднуються до редуктора. Отвори з різьбою M12 призначені для кріплення гідронасоса циліндра підйому, а отвори M10 – гідронасоса циліндра нахилу до редуктора. Отвори з різьбою M8 призначені для кріплення наскрізних кришок, через які проходять кінці валів до корпусу редуктора. Для заливання масла і огляду в корпусі є вікно, що закривається кришкою.

Отвір з конічною різьбою КГ 1/4" призначений для підтримання необхідного рівня масла при його заливанні. Інший отвір КГ 1/4" служить для видалення забрудненого масла і промивки редуктора. Пробка-сапун приєднується до корпусу за допомогою різьби КГ 3/4" і призначена для з'єднання порожнини редуктора з атмосферою. Встановлення пробки підвищує надійність ущільнень (при відсутності пробки незначне підвищення тиску в середині корпусу може привести до видавлювання масла через ущільнювачі). Три лапи з отворами $\varnothing 14$ мм призначені для кріплення редуктора до шасі автотранспортувача.

1.2 Аналіз базового технологічного процесу

Згідно технологічної документації корпус редуктора виготовляють за описаним ТП (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Заводський технологічний процес

Операція	Назва операції	Зміст операції	Номер і назва обладнання
	2	3	4
005	Фрезерна	1. Фрезерувати основу, витримавши розмір $130 \pm 0,63$ мм	Фрезерний верстат моделі 6P11, $T_{шт} = 4,47$ хв
010	Вертикально-свердлильна	1. Свердлити 2 отвори $\varnothing 13,5$ мм і отвір $\varnothing 14$ мм 2. Розвернути 2 отвори $\varnothing 14^{+0,015}_{-0,034}$ мм 3. Цекувати 3 отвори $\varnothing 24$ мм	Вертикально-свердлильний верстат 2A135, $T_{шт} = 1,7$ хв
015	Вертикально-фрезерна	1. Фрезерувати поверхню 2, витримавши розмір 108 мм 2. Фрезерувати поверхню 3, витримавши розмір $104^{+0,54}$ мм	Фрезерний верстат моделі 6P11, $T_{шт} = 6,34$ хв
020	Вертикально-фрезерна	1. Фрезерувати поверхню 4, витримавши розмір $235 \pm 0,72$ мм	Верстат 6P11, $T_{шт} = 2,14$ хв
025	Горизонтально-розточна з ЧПК	1. Розточити отвір $\varnothing 123$ мм в лінію начорно 2. Розточити отвір $\varnothing 124,5$ мм в лінію чисто 3. Зенкерувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ з двох сторін 4. Розточити отвір $\varnothing 125^{+0,02}_{-0,02}$ мм в лінію тонко 5. Розточити отвір $\varnothing 88$ мм в лінію начорно 6. Розточити отвір $\varnothing 89,8$ мм в лінію чисто 7. Зенкерувати фаску $1,6 \times 45^\circ$ з двох сторін	Верстат 2620ГФ1, $T_{шт} = 28,5$ хв

		8. Розточити отвір $\varnothing 90^{+0,017}_{-0,017}$ мм тонко	
030	Вертикально-свердлильна	1. Свердлити 10 отворів $\varnothing 6,8$ мм 2. Свердлити 10 отворів $\varnothing 6,8$ мм	Верстат 2A135, $T_{шт} = 2,18$ хв
035	Вертикально-свердлильна	1. Свердлити 6 отворів $\varnothing 6,8$ мм	Верстат 2A135, $T_{шт} = 1,4$ хв
040	Радіально-свердлильна	1. Свердлити 4 отвори $\varnothing 10,2$ мм 2. Нарізати різь M12 в 4 отворах 3. Свердлити 4 отвори $\varnothing 8,5$ мм 4. Нарізати різь M10 в 4 отворах 5. Свердлити отвір $\varnothing 11,1$ мм на прохід 6. Нарізати різь КГ1/4"	Верстат 2M55, $T_{шт} = 7,63$ хв
045	Вертикально-свердлильна	1. Свердлити отвір $\varnothing 23,3$ мм 2. Розвернути отвір під конус $\varnothing 24,12$ мм в основній площині 3. Нарізати різь КГ3/4"	Верстат 2A135, $T_{шт} = 1,1$ хв
050	Вертикально-свердлильна	1. Свердлити отвір $\varnothing 11,1$ мм 2. Нарізати різь КГ1/4"	Верстат 2A135, $T_{шт} = 0,52$ хв
055	Різенарізна	1. Нарізати різь M8 в 10 отворах 2. Нарізати різь M8 в 10 отворах	Верстат 5991, $T_{шт} = 5,89$ хв
060	Різенарізна	1. Нарізати різь M8 в 6 отворах	Верстат 5991, $T_{шт} = 1,78$ хв

Враховуючи те, що річна програма випуску становить до 50 деталей в рік, в якості пристроїв використовують універсально-складальні пристрої. Застосовується лиття в піщані форми, використовуючи дерев'яні моделі і ручну формовку.

Недоліком існуючого технологічного процесу, на мою думку є:

— наявність операції різенарізання на вертикально-свердлильному верстаті 5991;

- неоптимальний розподіл технологічних переходів між окремими позиціями, що призводить до збільшення штучного часу на операціях 025 і 040;
- необґрунтованість вибору баз на операції 025 і 040;

Крім того, слід проаналізувати доцільність використання даних типів верстатів, враховуючи задану згідно завдання програму випуску деталей.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Таким чином, проаналізувавши заводський варіант технологічного процесу механічного оброблення робимо висновок про можливість модернізації існуючого ТП. Ця модернізація заключається в наступному:

- зміна структури технологічного процесу;
- вибір оптимального, з точки зору мінімальної собівартості і максимальної продуктивності, технологічного обладнання;
- вибір заготовки з мінімальною собівартістю отримання;
- розроблення технологічного оснащення для збільшення продуктивності і зменшення собівартості оброблення;
- розрахунок і компоновка цеху з розрахунком змін в технологічному процесі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Попереднє встановлення типу та організаційної форми виробництва

Визначимо такт випуску:

$$\tau = \frac{60 F_d}{N}, \quad (2.1)$$

де F_d – дійсний річний фонд часу роботи обладнання. Приймаємо $F_d = 4015$ год;

N – річна програма випуску, $N = 15000$ штук, тоді:

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015}{15000} = 16,06 \text{ хв}$$

Розрахуємо величини необхідні для визначення $K_{з.о.}$ для першої операції.

Кількість одиниць технологічного обладнання:

$$C_{pi} = \frac{T_{ши} \cdot N}{60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н}}, \quad (2.2)$$

де C_{pi} – кількість одиниць верстатів, необхідних для виконання i -ої операції;

$\eta_{з.н.}$ – нормативний коефіцієнт завантаження, приймаємо $\eta_{з.н.} = 0,75$

$$C_{p005} = \frac{4,47 \cdot 15000}{60 \cdot 4015 \cdot 0,75} = 0,371 \text{ од.}$$

Отже, $C_{p005} = 1$.

Фактичний коефіцієнт завантаження устаткування для кожної операції:

$$\eta_{з.ф.i} = \frac{C_{p.i}}{C_{п.i}}, \quad (2.3)$$

$$\eta_{з.ф.005} = \frac{0,371}{1} = 0,371$$

Кількість операцій закріплених за одним робочим місцем:

$$O_i = \frac{\eta_{з.н}}{\eta_{з.ф.i}} \quad (2.4)$$

$$O_{005} = \frac{0,75}{0,371} = 2$$

Результати розрахунку величин C_{pi} , $C_{ni.i}$, $\eta_{з.ф.i}$ та O_i для інших операцій зведено в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Дані для розрахунку $K_{з.о.}$

№ п/п	№ операції	Назва операції	$T_{шт.,}$ хв	C_{pi}	$C_{п.i}$	$C_{з.ф.i}$	O_i
1	005	Вертикально-фрезерна	4,47	0,371	1	0,371	2
2	010	Вертикально-свердлильна	1,7	0,141	1	0,141	5
3	015	Вертикально-фрезерна	6,34	0,526	1	0,526	1
4	020	Вертикально-фрезерна	2,14	0,178	1	0,178	4
5	025	Горизонтально-розточна	28,5	2,36	3	0,79	1
6	030	Вертикально-свердлильна	2,18	0,181	1	0,181	4
7	035	Вертикально-свердлильна	1,4	0,116	1	0,116	7
8	040	Вертикально-свердлильна	1,1	0,091	1	0,091	8
9	045	Радіально-свердлильна	7,63	0,63	1	0,63	2
10	050	Вертикально-свердлильна	0,52	0,143	1	0,143	16
11	055	Різенарізна	5,89	0,489	1	0,489	2
12	060	Різенарізна	1,78	0,148	1	0,148	6

Визначаємо K_o :

$$K_o = \sum_{i=1}^r O_i, \quad (2.5)$$

де r – кількість операцій технологічного процесу $r = 12$.

Тоді, $K_o = 58$ операцій.

Розраховуємо $K_{p.м.}$:

$$K_{p.м.} = \sum_{i=1}^r C_{p.i},$$

$$K_{p.м.} = 5,112$$

$$K_{3.0.} = \frac{58}{5,112} = 11,35$$

Отже, виробництво середньосерійне.

2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

В якості матеріалу заготовки використовують чавун СЧ18. Проведемо розрахунок вартості заготовки, отриманої литтям в піщані форми та заготовки, отриманої литтям в кокіль.

$$C_v = 0,001 [C_{б.в} \cdot G_v \cdot K_{тв} \cdot K_{св} \cdot K_{мв} \cdot K_{лмв} \cdot K_{ст} - (G_v - G_d) \cdot C_{вх}], \quad (2.6)$$

де C_v і $C_{б.в}$ – ціна вилівка та базова ціна однієї тони виливків, виготовлених з базового матеріалу,

$$C_{б.в} = 29000 \text{ грн.};$$

$K_{тв}$, $K_{св}$, $K_{мв}$, $K_{лмв}$, $K_{ст}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності вилівка, марки матеріалу, програми річного замовлення та маси вилівка і відносного потоншення основних стінок вилівка порівняно з базовою товщиною.

$C_{вх}$ – ціна відходів;

$$C_{вх} = 1440;$$

G_v і G_d – маса відповідно вилівка і деталі;

$$G_d = 16,8 \text{ кг};$$

$$G_{в.п.ф.} = 19,5 \text{ кг},$$

$$G_{вк} = 18,7 \text{ кг}$$

Таблиця 2.3 – Дані для розрахунку ціни виливка

Коефіцієнти	Метод лиття	
	в піщані форми	в кокіль
$K_{тв}$	0,44	0,68
$K_{св}$	1	1
$K_{мв}$	1	1
$K_{пмв}$	0,94	0,94
$K_{ст}$	1,27	1,34

Проводимо розрахунок ціни виливка отриманого литтям:

— в піщані форми:

$$C_{в.п.ф.} = 0,001[29000 \cdot 19,5 \cdot 0,44 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,27 - (19,5 - 16,8) \cdot 14400] = 258,16 \text{ грн}$$

— в кокіль:

$$C_{в.к.} = 0,001[29000 \cdot 18,5 \cdot 0,68 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,34 - (18,5 - 16,8) \cdot 14400] = 435,05 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E = (C_{вк} - C_{в.п.ф.}) \cdot N \quad (2.7)$$

$$E = (435,05 - 258,16) \cdot 15000 = 2653350 \text{ грн.}$$

Отже, заготовка отримується литтям в піщані форми із застосуванням оболонкових стержнів.

2.3 Вибір методів обробки поверхонь

Порядок розрахунків розглянемо при встановленні методів обробок для отвору діаметром $90_{-0,017}^{+0,017}$ мм, який обробляється по сьомому квалітету точності.

Встановлюємо, що допуск заготовки на цю поверхню складає $T_3 = 2,2$ мм, що відповідає 16 квалітету.

Визначаємо розрахункове уточнення:

$$E_p = \frac{T_3}{T_d}, \quad (2.8)$$

де T_3 , T_d – відповідно допуски на означену характеристику точності партії заготовок і деталей, $T_d = 34$ мкм

$$E_p = \frac{2,2}{0,034} = 62,7$$

Встановлюємо кінцеві методи обробки, що забезпечують одержання допуску деталі $T_d = 34$ мкм та шорсткість $R_a = 0,4$ мкм. Це може бути: точне розвертання, тонке розточування, чистове шліфування, розкатування, калібрування, алмазне виглажування. В нашому випадку використаємо точне розвертання.

Встановлюємо необхідну кількість методів обробки:

$$m = \frac{\lg E_p}{0,46} \quad (2.9)$$

$$m = \frac{\lg 62,7}{0,46} = 3,9$$

Отже, потрібно чотири методи обробки. Як попередні методи обробки, приймаємо розточування: чорнове, напівчистове, чистове.

Встановлюємо для кожного методу обробки середньо-економічний квалітет і допуск.

1. Розточування чорнове – 13 квалітет, $T_1 = 0,54$ мм
2. Розточування напівчистове – 11 квалітет, $T_2 = 0,22$ мм
3. Розточування чистове – 9 квалітет, $T_3 = 0,087$ мм
4. Розвертання точне – 7 квалітет, $T_4 = 0,034$ мм.

Визначаємо уточнення для кожного методу:

$$E_i = \frac{T_{i-1}}{T_i}, \quad (2.10)$$

де T_{i-1} , T_i – допуски, що забезпечуються відповідно попереднім і даним методом обробки.

Отже:

— розточування чорнове

$$E_1 = \frac{2,2}{0,54} = 4,07$$

— розточування напівчистове

$$E_2 = \frac{0,54}{0,22} = 2,45$$

— розточування чистове

$$E_3 = \frac{0,22}{0,087} = 2,53$$

— розвертання точне

$$E_4 = \frac{0,087}{0,034} = 2,56$$

Визначаємо загальне уточнення всіх методів обробок E_n :

$$E_n = E_1 \cdot E_2 \cdot E_3 \cdot E_4 \cdot \dots \cdot E_m = \prod_{i=1}^m \sum_i \quad (2.11)$$

$$E_n = 4,07 \cdot 2,45 \cdot 2,53 \cdot 2,56 = 64,58$$

Враховуючи те, що виконується нерівність $62,7 < 64,58$ ($E_p < E_n$), тоді необхідна кількість методів обробок поверхні деталі визначена правильно.

Вибір технологічних методів обробки для інших поверхонь зводимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Вибір методів обробки

№ п/ п	Назва поверхні і методи обробки	Ква- літет	Допуск, мм		Уточнення		Кіль- кість методів обробк и
			Позна- чення	Вели- чина	Формула	Значення	
1.	<i>Отвір Ø125</i>	7	T _д	0,04	$E_p = T_3 / T_d$	62,5	4
	Заготовка	16	T _з	2,5			
	Розточування:						
	- чорнове	13	T ₁	0,63	$E_1 = T_3 / T_1$	3,97	
	- напівчистове	11	T ₂	0,25	$E_2 = T_1 / T_2$	2,52	
	- чистове	9	T ₃	0,1	$E_3 = T_2 / T_3$	2,5	
Розверчування точне	7	T ₄	0,04	$E_4 = T_3 / T_4$	2,5		
				$E_{\Pi} = \prod_{i=1}^4 E_i$	62,53		
2.	<i>Поверхня 1</i>	14	T _д	1,15	$E_1 = T_3 / T_1$	2,52	1
	Заготовка	16	T _з	2,9			
	Фрезерування чорнове	16	T ₁	1,15	$E_p = T_3 / T_d$	2,52	
3.	<i>Поверхня 2</i>	13	T _д	0,54	$E_p = T_3 / T_d$	4,1	2
	Заготовка	16	T _з	2,2			
	Фрезерування						
	- чорнове	14	T ₁	0,87	$E_1 = T_3 / T_1$	2,52	
	- чистове	13	T ₂	0,54	$E_2 = T_1 / T_2$	1,61	
				$E_{\Pi} = \prod_{i=1}^2 E_i$	4,12		

4.	Отвір Ø13	7	T_d	0,018	$E_p = T_3 / T_d$	10	2
	Заготовка	12	T_3	0,18			
	Зенкерування						
	- чистове	9	T_1	0,043	$E_1 = T_3 / T_1$	4,186	
	Розвертання точне	7	T_2	0,018	$E_2 = T_1 / T_2$	2,389	
					$E_{\Pi} = \prod_{i=1}^2 E_i$	10,001	

2.4 Вибір технологічних баз

При обробці корпусу потрібно забезпечити рівномірність припуску в отворах діаметром $90^{+0,017}_{-0,017}$ мм і $125^{+0,02}_{-0,02}$ мм. Нерівномірність припуску виявляється на операції розточування отворів.

При вибраній схемі базування деталі (рис.2.2а) на операції розточування нерівномірність припуску проявиться як відносне зміщення осі отвору в заготовці і осі обертання борштанги з різцем. Таке зміщення може бути представлено замикаючою ланкою A_{Δ} розмірного ланцюга A , складовими ланками якого будуть: A_2 – відстань між віссю обробленого отвору і тією ж базуючою поверхнею деталі; A_1 – відстань між віссю отвору в заготовці і установочною технологічною базою.

Відстань A_1 встановиться при обробці поверхні K , виконаній на першій технологічній операції. Розглянемо два варіанти базування деталі при обробці поверхні K .

При першому варіанті (рис.2.2б) A_1 буде отримуватися як замикаюча ланка B_{Δ} ланцюга B . Де B_2 – це витримуваний розмір при обробці деталі на налагодженому верстаті, а B_1 – розмір, що належить заготовці.

Розміри заготовки проставлені і витримані в процесі її виготовлення, так як показано на рис.2.2в, і ланка B_1 – розмір, що належить заготовці, сама являється замикаючою ланкою B_{Δ} розмірного ланцюга B і його похибка ωB_1 буде рівна похибці ωB_{Δ} , що являє суму похибок складових ланок B_1 і B_2 .

$$\omega B_1 = \omega B_{\Delta} = \omega B_1 + \omega B_2$$

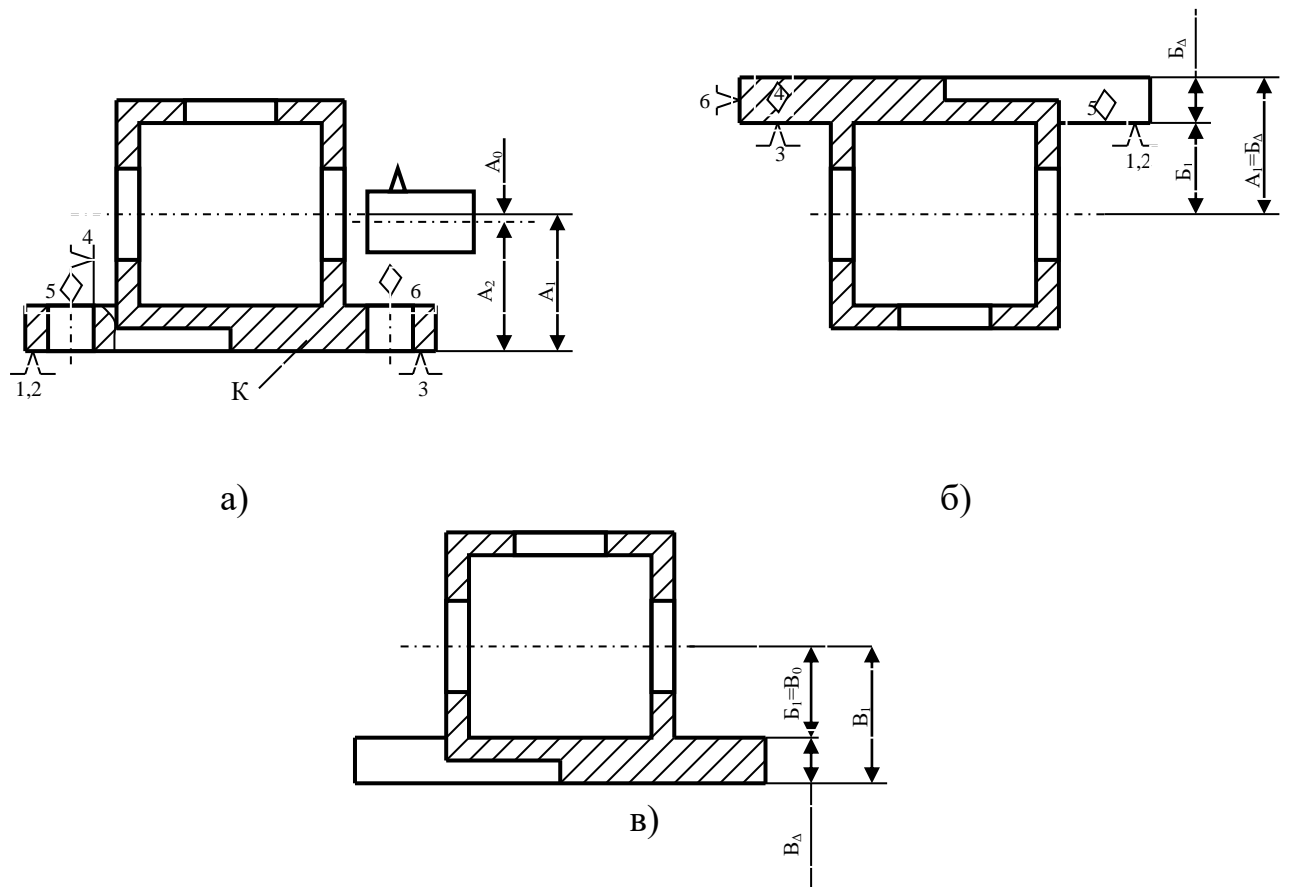


Рисунок 2.2 – Схеми базування деталі: а) схема базування на більшість операцій; б) варіант базування на першій операції; в) заготовка.

У відповідності з виявленою схемою утворення похибки ωA_{Δ} в першому варіанті базування деталі на першій операції :

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_1 + \omega A_2 = \omega B_1 + \omega B_2 + \omega A_2$$

Підставивши дані рівняння отримаємо:

$$\omega A_{\Delta} = \omega A_2 + \omega B_2 + \omega B_1 + \omega B_2$$

Тоді, $\omega A_2 = 0,1$ мм; $\omega B_2 = 0,3$ мм; $\omega B_1 = 2,5$ мм; $\omega B_2 = 1,3$ мм.

$$\omega A_{\Delta} = 0,1 + 0,3 + 2,5 + 1,3 = 4,2 \text{ мм}$$

В другому варіанті може бути вибрана схема базування деталі на першій операції, яка показана на рис.2.2. Отвір $\varnothing 125$ мм використано в якості подвійної направляючої технологічної бази, для утворення опорних баз взяли отвір $\varnothing 90$ мм і бокову поверхню лап.

В цьому випадку відстань A_1 буде отримано як замикаюча ланка Γ_Δ в розмірному ланцюзі системи ВПД, на яку буде виконуватися перша операція. $\omega\Gamma_\Delta = 0,5$.

$$\omega A_\Delta = \omega A_2 + \omega \Gamma_\Delta$$

$$\omega A_\Delta = 0,1 + 0,5 = 0,6 \text{ мм}$$

Так, як другий варіант дає більш короткий шлях досягнення точності A_Δ і повністю виключає вплив похибки заготовки, то його можна рахувати більш вдалим рішенням поставленої задачі – забезпечити рівномірний припуск при розточуванні.

На другій операції проводимо свердління отворів під установочні пальці. В процесі їх виготовлення забезпечується симетричність отворів 5,6 відносно зовнішніх поверхонь в горизонтальній площині.

На рис.2.3а видно, що несиметричність A_Δ виявляється на операції розточування і через складову ланку A_1 буде залежати від прийнятої схеми базування на другій операції. На рис. 2.3 приведені два варіанти базування, які відрізняються тільки тим, що в першому варіанті опорна база (точка б) на боковій поверхні корпусу, а в другому – в якості опорної бази прийнята поверхня отвору 5. Скрита опорна база в другому варіанті може бути створена за допомогою зрізаного пальця.

Згідно рис.2.3 похибка замикаючої ланки A_Δ буде рівна:

$$\omega A_\Delta = \omega A_1 + \omega A_2$$

Згідно першого варіанту базування, ланка A_1 рівна замикаючій ланці B_Δ ланцюга Б. Де B_Δ визначається як :

$$\omega A_1 = \omega B_\Delta = \omega B_1 + \omega B_2$$

Підставивши формулу формули дістанемо:

$$\omega A_\Delta = \omega B_1 + \omega B_2 + \omega A_2$$

де B_1 – витримуваний розмір, $\omega B_1 = 0,4$ мм;

B_2 – розмір, що належить заготовці $\omega B_2 = 2,2$ мм [10];

A_2 – відстань між віссю оброблюваного отвору і віссю установочного отвору $\omega A_2 = 0,3$ мм [10].

Тоді:

$$\omega A_{\Delta} = 0,4 + 2,2 + 0,3 = 2,9 \text{ мм}$$

В другому варіанті відстань A_1 буде отримано як замикаючу ланку B_{Δ} в розмірному ланцюзі системи. $\omega B_{\Delta} = 0,5$.

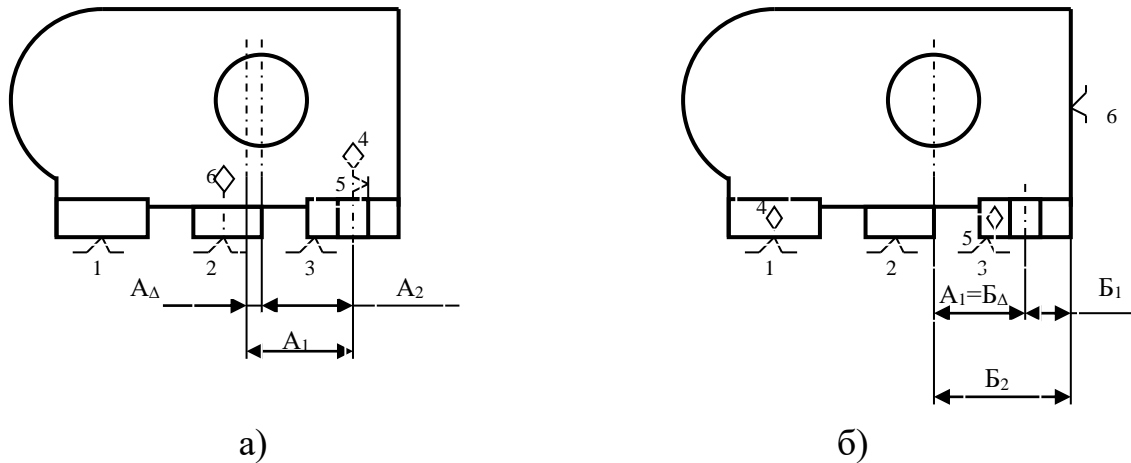


Рисунок 2.3 – Схеми базування деталей: а) базування на більшість операцій; б) варіант базування на другу операцію.

Звідси:

$$\omega A_{\Delta} = \omega B_{\Delta} + \omega A_2$$

$$\omega A_{\Delta} = 0,5 + 0,3 = 0,8 \text{ мм}$$

Як показали розрахунки, кращим є другий варіант базування. Проте, взявши до уваги те, що пристрій, який необхідний для встановлення деталі по другому варіанті є складним, приймаємо базування деталі на другій операції по першому варіанті.

2.5 Визначення допусків, припусків і операційних розмірів

Проведемо визначення припусків і проміжних значень граничних розмірів для отвору $\varnothing 90_{-0,017}^{+0,017}$ мм розрахунковим способом. Технологічний маршрут обробки отвору складається з розточування чорнового,

напівчистового, чистового і розвертання точного. Заготовка базується на даній операції на площині основи 1 і двох отворах $\varnothing 14$ мм.

Сумарне значення R_z і h , що характеризує якість поверхні литих заготовок, складає 400 мкм [10]. Після першого технологічного переходу величина h для деталей з чавуну виключається із розрахунків.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки визначаємо по формулі:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{зм}}^2} \quad (2.12)$$

Величину короблення отвору слід враховувати, як в діаметральному, так і в осьовому його січенні:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k \ell)^2} \quad (2.13)$$

де Δ_k – питома кривизна заготовки на 1 мм, $\Delta_k = 0,7$ мкм,[6];

d, ℓ – відповідно діаметр отвору $d = 90$ мм і довжина отвору $\ell = 104$ мм.

Тоді:

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 \cdot 90)^2 + (0,7 \cdot 104)^2} = 96,27 \text{ мкм}$$

Враховуючи, що сумарне зміщення отвору у виливці відносно зовнішньої її поверхні представляє собою геометричну суму в двох взаємно перпендикулярних площинах, отримуємо:

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2}, \quad (2.14)$$

де δ_1, δ_2 – допуски на розміри відповідно 130 м – $\delta_1 = 2,2$ м і 269,4 мм – $\delta_2 = 2,4$ мм, що відповідають виливці. Тоді:

$$\rho_{\text{зм}} = \sqrt{\left(\frac{2200}{2}\right)^2 + \left(\frac{2400}{2}\right)^2} = 1627,9 \text{ мкм}$$

Таким чином, сумарне значення просторового відхилення заготовки складає:

$$\rho_3 = \sqrt{96,27^2 + 1627,9^2} = 1630,744 \text{ мкм}$$

Величина залишкового просторового відхилення після попередньої обробки:

$$\rho_{\text{зал}} = k_y \rho_3 \quad (2.15)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення форми;

$k_y = 0,05$ – після чорнового розточування; $k_y = 0,04$ – після напівчистового розточування; $k_y = 0,005$ – після чистового розточування.

Отримані залишкові просторові відхилення заносимо в таблицю 2.5.

Похибка установки при чорновому розточуванні:

$$E_y = \sqrt{E_\delta^2 + E_3^2} \quad (2.16)$$

де E_δ – похибка базування;

E_3 – похибка закріплення.

Похибка базування в даному випадку виникає за рахунок переносу заготовки в горизонтальній площині при установці її на пальці пристрою. Перекіс при цьому відбувається через зазор між найбільшим діаметром установочних отворів і найменшим діаметром пальців.

Найбільший зазор між отворами і пальцями:

$$S_{\text{max}} = \delta_A + \delta_B + S_{\text{min}}, \quad (2.17)$$

де δ_A – допуск на отвір: $\delta_A = 0,018$ мм;

δ_B – допуск на діаметр пальця: $\delta_B = 0,077$;

S_{min} – мінімальний зазор між діаметром штиря і отвором: $S_{\text{min}} = 0,28$ мм.

Тоді:

$$S_{\text{max}} = 0,018 + 0,077 + 0,28 = 0,375 \text{ мм}$$

Тоді найбільший кут повороту заготовки:

$$\text{tg } \alpha = \frac{S_{\text{max}}}{\sqrt{L_1^2 + L_2^2}}, \quad (2.18)$$

де L_1, L_2 – відстані між базовими отворами: $L_1 = 125$ мм, $L_2 = 150$ мм.

Тоді:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,375}{\sqrt{125^2 + 150^2}} = 0,0019$$

Похибка базування на довжині оброблюваного отвору в цьому випадку буде рівна:

$$E_{\delta} = \ell \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.19)$$

де ℓ - довжина отвору $\ell = 104$ мм

$$E_{\delta} = 104 \cdot 0,0019 = 197,6 \text{ мм}$$

Похибку закріплення заготовки E_s приймаємо рівною 190 мкм. Тоді похибка установки при чорновому розточуванні:

$$E_l = \sqrt{190^2 + 197,6^2} = 274,13 \text{ мкм}$$

На основі записаних в таблиці 2.5 даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків:

$$2 z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + E_i^2})$$

Мінімальний припуск під чорнове розточування:

$$2 z_{\min 1} = 2(400 + \sqrt{1630,7^2 + 274,13^2}) = 2 \cdot 2053,58 \text{ мкм}$$

На основі даних розрахунків будуємо схему графічного розміщення припусків і допусків по обробці отвору $\varnothing 90_{-0,017}^{+0,017}$ рис. 2.4.

Загальний припуск $z_{0 \min}$ і $z_{0 \max}$ визначаємо, сумуючи проміжні припуски:

$$2 z_{0 \min} = 0,02654 + 0,19628 + 0,26536 + 4,10716 = 4,5953 \text{ мм}$$

$$2 z_{0 \max} = 0,07954 + 0,32928 + 0,58536 + 5,76718 = 6,76134 \text{ мм}$$

Загальний номінальний припуск

$$z_{0 \text{ ном}} = z_{0 \min} + B_s - B_{\delta}, \quad (2.20)$$

де B_s , B_{δ} – допуск відповідно на заготовку $B_s = 1,1$ мм і на деталь $B_{\delta} = 0,034$ мм.

$$z_{0 \text{ ном}} = 4,5953 + 1,1 - 0,034 = 5,6613$$

$$d_{z \text{ ном}} = d_{\text{ ном}} - z_{0 \text{ ном}} \quad (2.21)$$

$$d_{z \text{ ном}} = 90 - 5,6613 = 84,3387 \text{ мм,}$$

де $d_{z \text{ ном}}$ – номінальний діаметр заготовки.

Проводимо перевірку правильності виконаних розрахунків, використовуючи формулу:

$$Z_{\text{max } i}^{\text{пр}} - Z_{\text{min } i}^{\text{пр}} = \delta_{i-1} - \delta_i \quad (2.22)$$

Перевіримо розрахунки точного розвертання

$$0,079 - 0,0265 = 0,87 - 0,034$$

$$0,53 = 0,53$$

Таблиця 2.6 – Припуски і допуски на оброблювані поверхні корпусу редуктора

<i>Поверхня</i>	<i>Розмір</i>	<i>Допуск</i>	<i>Припуск</i>
1,3	235	± 2,8	2 · 3,6
2,4	104	± 2,4	2 · 3,6
5	Ø125	± 2,4	2 · 3,6
H 6	Ø90	± 2,2	2 · 3,2

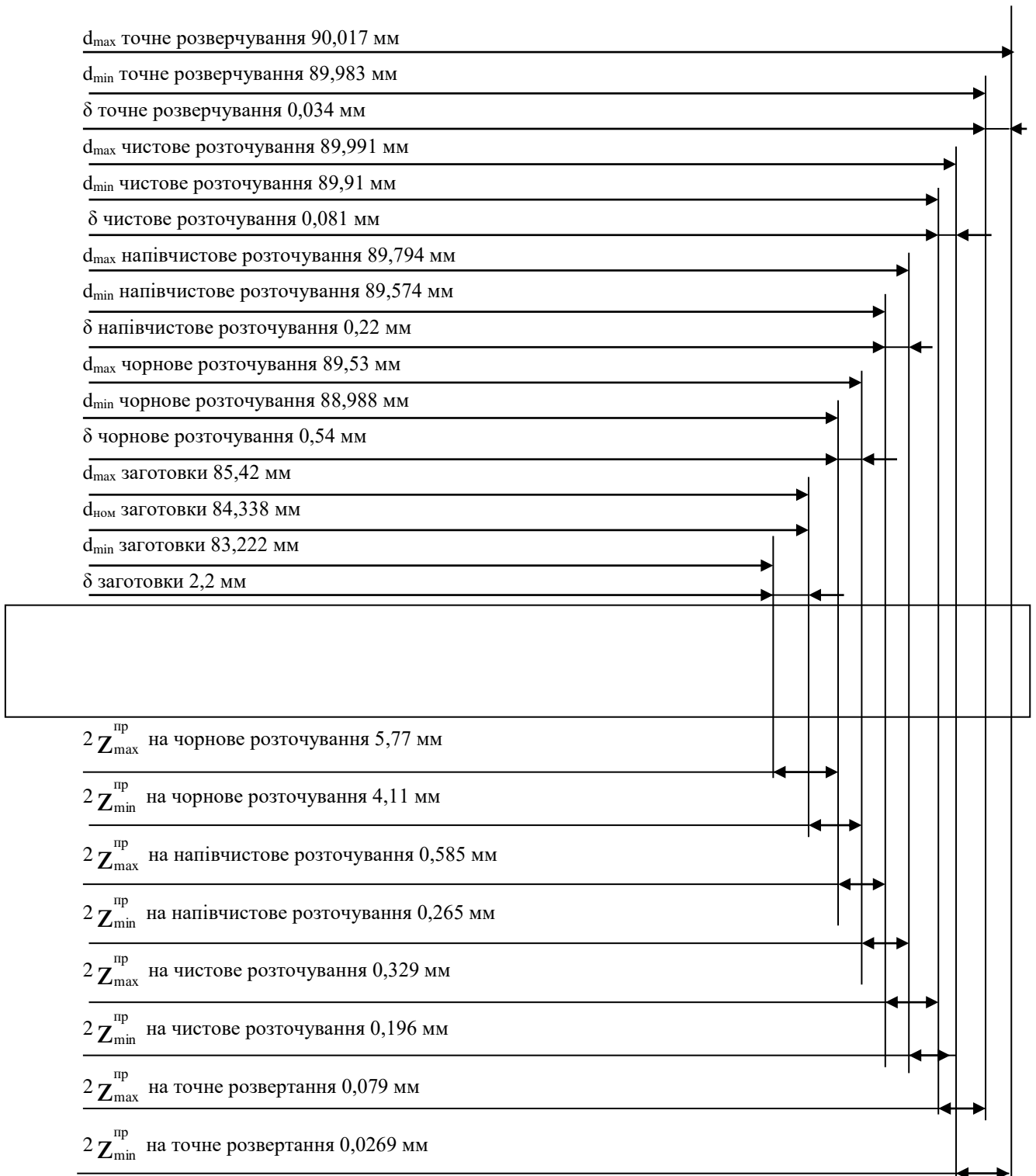


Рисунок 2.4 – Схема розміщення припусків і допусків на обробку отвору

 $\text{Ø}90_{-0,017}^{+0,017} \text{ мм}$

2.6 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання та оснащення

Визначимо характер обробки для поверхні 1 – чорнове фрезерування.
Інструмент: торцева фреза із вставними ножами, оснащеними пластинами із твердого сплаву ВК8. Глибина різання $t = 3,6$ мм.

Подача $S_t = 0,2$ мм.

Швидкість різання

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u Z^p} K_v, \quad (2.23)$$

де $C_v = 445$;

$q = 0,2$;

$x = 0,15$;

$y = 0,35$;

$u = 0,2$;

$p = 0$;

$m = 0,32$

B – ширина фрезерування, $B = 184$ мм

K_v – загальний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \quad (2.24)$$

де $K_{mv} = 1$;

$K_{nv} = 0,8$;

$K_{iv} = 1,1$.

Тоді:

$$V = \frac{445 \cdot 250^{0,2}}{180^{0,32} \cdot 3,6^{0,15} \cdot 0,2^{0,25} \cdot 184^{0,2}} \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1,1 = 118,36 \text{ м/хв}$$

Частота обертання фрези

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D_{\text{фр}}} \quad (2.25)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 118,36}{3,14 \cdot 250} = 150,7 \text{ хв}^{-1}$$

Сила різання:

$$P_z = \frac{10C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{\text{мп}}, \quad (2.26)$$

де $C_p = 54,5$;

$x = 0,9$;

$y = 0,74$;

$n = 1$;

$q = 1$;

$w = 0$,

$K_{\text{мп}} = 1$:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 3,6^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 184^1 \cdot 14}{250^1} \cdot 1 = 4428,7 \text{ Н}$$

Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} \quad (2.27)$$

$$N_e = \frac{4428,7 \cdot 118,36}{1020 \cdot 60} = 8,2 \text{ кВт}$$

Потужність приводу верстату:

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_e}{\eta}, \quad (2.28)$$

де η – коефіцієнт корисної дії двигуна $\eta = 0,75$

$$N_{\text{дв}} = \frac{8,2}{0,75} = 10,9 \text{ кВт}$$

Обробка ведеться на горизонтально-фрезерному верстаті 6Р83, N=11 кВт. Згідно технічних характеристик [18], частота обертання шпинделя в

діапазоні 31,5 – 1600 хв⁻¹, повздовжня подача в діапазоні 85 – 1250 мм/хв. Число робочих подач столу, як і число швидкостей шпинделя 18. Користуючись цими даними, знаходимо ряд рівний 1,26. Тепер проводимо приведення частоти обертання шпинделя і подачі до верстату: $n_{пр} = 126 \text{ хв}^{-1}$; $S_{мпр} = 400 \text{ мм/хв}$.

Розрахунки режимів різання для інших операцій зводимо в таблицю 2.9.

2.7 Нормування технологічного процесу, уточнення типу виробництва

При серійному виробництві визначається штучний час $T_{шт}$, підготовчо-заклучний час $T_{п.з}$ і штучно-калькуляційний час $T_{шк}$.

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{п.з}}{n}, \quad (2.29)$$

де n – партія деталей, $n = 216$ деталей

$$T_{шт} = T_o + T_\partial + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (2.30)$$

де T_o – основний час;

T_∂ – допоміжний час;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$T_{відп}$ – час на відпочинок.

Розглянемо порядок розрахунку норм часу на прикладі нормування першої, горизонтально-фрезерної операції.

Основний час фрезерних робіт:

$$T_o = \frac{L_p}{S_m}, \quad (2.31)$$

де L_p – розрахункова довжина робочого ходу інструменту,

S_m – хвилинна подача інструменту,

$S_m = 400 \text{ мм/хв}$.

$$L_p = \ell + \ell_1 + \ell_2,$$

де ℓ , ℓ_2 – величина відповідно врізання і перебігу фрези, $\ell_1 = 125 \text{ мм}$,

$$\ell_2 = 125 \text{ мм};$$

ℓ - довжина оброблюваної поверхні, $\ell = 340 \text{ мм}$.

$$T_o = \frac{340+125+125}{400} = 1,475 \text{ хв}$$

$$T_{\text{уст}} = 1,04 \text{ хв};$$

$T_{\text{пр}}$ – час на перехід.

$$T_{\text{пр}} = 0,29 \text{ хв};$$

$T_{\text{вим}}$ – час на вимірювання деталі.

$$T_{\text{вим}} = 0,12 \text{ хв};$$

Тоді:

$$T_o = 1,04 + 0,29 + 0,12 = 1,45 \text{ хв}$$

$$T_{\text{он}} = T_o + T_o \quad (2.32)$$

$$T_{\text{он}} = 1,475 + 1,45 = 2,805$$

Час на обслуговування робочого місця $T_{\text{обсл}}$ становить 4% від оперативного часу. Отже, $T_{\text{обсл}} = 0,1122 \text{ хв}$.

Час на відпочинок і особисті потреби, становить 4% від оперативного часу. Тоді, $T_{\text{відп}} = 0,1122 \text{ хв}$.

Для нашого випадку, в підготовчо-заключний час $T_{\text{н.з}}$ входять:

— час на наладку верстату, інструменту та пристрою 21 хв;

— час на отримання інструменту і пристроїв до початку їх по закінченню обробки 10 хв.

Тоді $T_{\text{н.з}} = 31 \text{ хв}$.

Визначаємо штучний час $T_{\text{шт}}$:

$$T_{\text{шт}} = 1,475 + 1,45 + 0,1122 + 0,1122 = 3,029 \text{ хв}$$

Потім визначаємо штучно-калькуляційний час $T_{\text{шк}}$:

$$T_{\text{шк}} = 3,029 + \frac{31}{216} = 3,173$$

Результати розрахунку норм часу на решту операцій подано в табл.2.10.

2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

На основі затрат на виробництво визначаємо об'єм валової продукції цеху в оптових цінах по проектному варіанту:

$$O_u = C_n + \Pi_n, \quad (2.33)$$

де O_u – оптова ціна річного випуску продукції;

C_n – повна собівартість річного випуску продукції по проектному варіанту;

Π_n – прибуток (15÷25% собівартості).

$$O_u = 169962 + 42491 = 212453 \text{ грн.}$$

Величина прибутку по базовому варіанту:

$$\Pi_b = O_u - C_b, \quad (2.34)$$

де C_b – повна собівартість річного випуску продукції по базовому варіанту.

$$\Pi_b = 212453 - 190192 = 22261 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності :

$$P = \frac{\Pi}{\Phi_{осн} + \Phi_{об}} \times 100\%, \quad (2.35)$$

де Π – прибуток;

$\Phi_{осн}$ - вартість основних фондів, грн.;

$\Phi_{об}$ - вартість оборотних фондів, грн.

$$\text{Базовий варіант: } P = \frac{22261}{177584 + 17392} \times 100\% = 11,4\%$$

$$\text{Проектний варіант: } P = \frac{42491}{173149 + 16434} \times 100\% = 22,4\%$$

Економічна ефективність капітальних вкладень:

$$E = \frac{П}{K}, \quad (2.36)$$

де $П$ – прибуток отриманий в результаті впровадження капітальних вкладень;

K – сума капітальних вкладень.

$$\text{Базовий проект: } E = \frac{22261}{177584} = 0.13$$

$$\text{Проектний проект: } E = \frac{42491}{173149} = 0.25$$

Розрахункове значення коефіцієнту економічної ефективності повинно задовольняти умову: $E \geq E_n$,

де $E_n = 0.15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

Термін окупності додаткових капіталовкладень, які пов'язані з вдосконаленням технологічного процесу:

$$T_{ок} = \frac{K}{П}, \quad (2.37)$$

де K – сума капіталовкладень, грн;

$П$ – прибуток, грн.

$$\text{Базовий проект: } T_{ок} = \frac{177584}{22261} = 7 \text{ років}$$

$$\text{Проектний проект: } T_{ок} = \frac{173149}{42491} = 4 \text{ роки}$$

Виробіток на одного працюючого розраховується в оптових цінах:

$$П_{пр} = \frac{O_y}{P}, \quad (2.38)$$

де P – загальна кількість працюючих.

$$\text{Базовий варіант: } П_{пр} = \frac{212453}{8} = 35409 \text{ грн.}$$

$$\text{Проектний варіант: } П_{пр} = \frac{212453}{8} = 37409 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_p = (C_{\delta} + E_n \times K_{\delta}) - (C_n + E_n \times K_n), \quad (2.39)$$

де C_{δ} , C_n – собівартість річного обсягу продукції по варіантах, грн.;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

K_{δ} , K_n – капітальні вкладення по варіантах, грн.

$$E_p = (190192 + 0.15 \times 177584) - (169962 + 0.15 \times 173149) = 20896 \text{ грн.}$$

Аналізуючи результати розрахунків техніко-економічних показників) робимо висновок про доцільність впровадження проектного варіанту техпроцесу. Через те, що зменшилась кількість обладнання, робітників, сума капіталовкладень, виробничі площі. Економічний ефект свідчить про економічну ефективність нового проекту, коефіцієнт якої збільшився у два рази, в порівнянні з базовим і становить 0.6. Термін окупності скоротився у два рази і становить 1.8 роки.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Проектування технологічного оснащення

Пристрій для механічного оброблення площини роз'єму картеру в розмір $128^{+0,3}$ мм. призначений для встановлення на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6М13 для базування деталі при виконанні вертикально-фрезерної операції.

Згідно з вимогами креслення розмір оброблюваної поверхні $128^{+0,3}$ мм.

Встановлювальна база деталі повинна співпадати з конструкторською базою і тому приймаємо площину, протилежну оброблюваній. Відстань між пазами столу верстату 6М13 – 160 мм., що повинно бути використано у базових елементах пристрою.

Таблиця 3.1 – Критерії оцінки компоновочних схем

№ схем	Критерії оцінки						
	коєфі- цієнт підси- лення	власти- вість само- гальму- вання	кількість передава- льних ланок	ком- пакт- ність	наявність проміжних ланок	багато- місність	сумар- ний кrite- рій
1	2	1	3	2	2	1	1,6
2	1	2	1	1	1	1	1,7
3	2	1	3	2	3	1	1,4
n	0,5	0,4	- 0,2	0,4	- 0,2	- 0,4	-

Розраховуємо сумарний коефіцієнт K_{Σ} для кожної схеми

Схема 1.

$$2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,4 + 3 \cdot (- 0,2) + 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot (- 0,2) + 1 \cdot 0,4 = 1,6;$$

Схема 2.

$$1 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,4 + 1 \cdot (- 0,2) + 1 \cdot 0,4 + 1 \cdot (- 0,2) + 1 \cdot 0,4 = 1,7;$$

Схема 3.

$$2 \cdot 0,5 + 1 \cdot 0,4 + 3 \cdot (-0,2) + 2 \cdot 0,4 + 3 \cdot (-0,2) + 1 \cdot 0,4 = 1,4.$$

Оскільки максимальний коефіцієнт відповідає схемі 2, то її приймаємо як оптимальну.

Сила P_z при фрезеруванні поверхні 1 була визначена і рівна $P_z = 4428,7$ Н.

Схема дії сил на даній операції при закріпленні заготовки наведена на рис.3.1.

Розраховуємо силу затиску W :

$$2Wf = K_3 P_z \quad (3.1)$$

де K_3 – рекомендований коефіцієнт запасу $K_3 = 2,5$;

f – коефіцієнт тертя сталі по чавуну, $f = 0,3$ [2].

Тоді

$$W = \frac{K_3 P_z}{2f}$$

$$W = \frac{2,5 \cdot 4428,7}{2 \cdot 0,3} = 14762,33 \text{ Н}$$

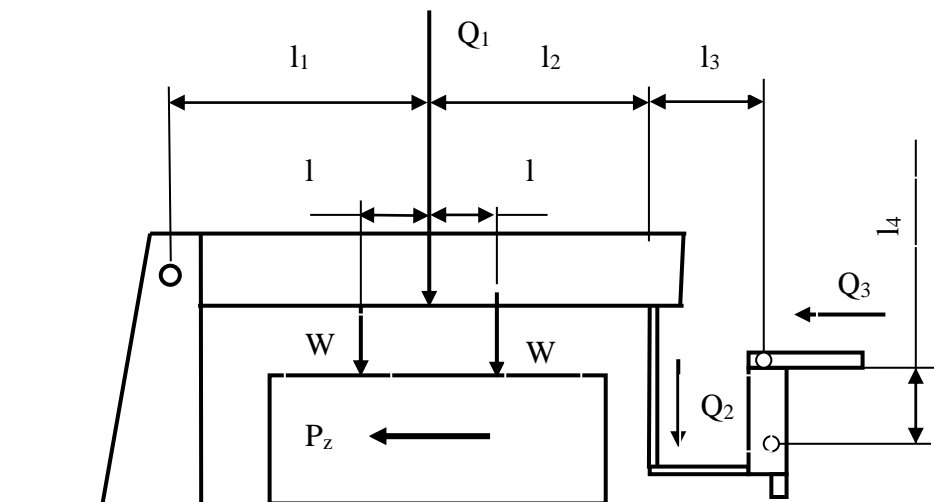


Рисунок 3.1 – Схема дії сил при затиску заготовки

$$Q_1 = 2W \quad (3.2)$$

$$Q_1 = 2 \cdot 14762,33 = 29524,66 \text{ Н}$$

$$Q_2 = Q_1 \frac{\ell_1}{\ell_1 + \ell_2}, \quad (3.3)$$

де ℓ_1, ℓ_2, ℓ_3 – конструктивні розміри пристрою $\ell_1 = 230$ мм, $\ell_2 = 220$ мм, $\ell_3 = 70$ мм

$$Q_2 = 29524,66 \cdot \frac{230}{230 + 220} = 15090,38 \text{ Н}$$

Сила Q_3 , яка повинна бути на штоці рівна:

$$Q_3 = Q_2 \cdot \frac{\ell_3}{\ell_4}, \quad (3.4)$$

де ℓ_4 – конструктивний розмір пристрою, $\ell_4 = 100$ мм

$$Q_3 = 15090,38 \cdot \frac{70}{100} = 10563,26 \text{ Н}$$

При серійному виробництві рекомендується використовувати пневматичний привід. Для вільного відкидання болта хід штока повинен бути біля 20 мм.

Сила затиску створюється при прямому ході штоку пневмоциліндра. Діаметр пневмоциліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_3}{\pi p \eta}}, \quad (3.5)$$

де D – діаметр пневмоциліндра;

p – тиск повітря в пневмосистемі,

$p = 0,4$ МПа;

$\eta = 0,9$ – коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра.

Тоді:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 10563,26}{3,14 \cdot 0,4 \cdot 0,9}} = 193,3 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний пневмоциліндр з робочим діаметром плунжера $D = 200$ мм.

3.2 Розрахунок пристрою на точність

На даній операції витримується розмір 130 j8 ($\pm 0,5$). Допуск на розмір 130 мм дорівнює 1 мм. Сумарна похибка повинна бути на 15 ÷ 20% меншою від допуску на розмір деталі. Сумарна похибка:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \sqrt{\varepsilon_{\ell}^2 + \varepsilon_{п.р}^2 + \varepsilon_{р.у}^2 + \varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\gamma}^2 + \varepsilon_{р.н.е}^2 + \varepsilon_{н}^2 + \varepsilon_{р.з}^2 + \varepsilon_{п.д}^2 + \varepsilon_{і}^2 + \varepsilon_{з.н}^2 + \varepsilon_{t}^2}, \quad (3.6)$$

де ε_{ℓ} – допуск на паралельність ходу стола відносно пазу.

Допуск на довжину 600 мм рівний 0,06 мм. Перерахувавши ε_{ℓ} на довжину $\ell = 590$ мм отримуємо $\varepsilon_{\ell} = 0,056$ мм.

$\varepsilon_{р.п}$ – похибка розташування пристрою на верстаті. Пристрій центрується на верстаті за допомогою шпонок, які входять в паз столу з зазором $30 \frac{H8}{h7} \begin{pmatrix} +0.033 \\ -0.021 \end{pmatrix}$. Тоді:

$$\varepsilon_{р.п} = \frac{S_{\max}}{L}, \quad (3.7)$$

де S_{\max} – максимальний зазор, $S_{\max} = 0,054$ мм;

L – відстань між шпонками, $L = 550$ мм

$$\varepsilon_{р.п} = \frac{0,054}{550} = 0,0001 \text{ мм}$$

$\varepsilon_{р.у}$ – похибка розташування установочних елементів відносно поверхонь пристрою. Згідно креслення $\varepsilon_{р.у} = 0,05$ мм

ε_{δ} – похибка базування. Розмір 130 витримується фрезою, а паралельність відносно осей отворів – за рахунок встановлення деталі на пальці

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{S_{\max}}{L}, \quad (3.8)$$

де S_{\max} – максимальний зазор між отвором і пальцем, $S_{\max} = 0,55$ мм;

L – відстань між пальцями, $L = 144,4$ мм

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,55}{144,4} = 0,004 \text{ мм}$$

ε_3 – похибка закріплення. Приймаємо рівною нулю.

$\varepsilon_{p.n.e}$ – похибка розташування напрямних елементів пристрою.

В нашому випадку $\varepsilon_{p.n.e}$ дорівнює допуску на відстань між робочими поверхнями опори і установи $\varepsilon_{p.n.e} = 0,052$ мм

ε_n – похибка налагодження для фрезерного пристрою, дорівнює зазору між щупом і фрезою $\varepsilon_n = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{p.z}$, $\varepsilon_{n.d}$, ε_i , ε_{zn} – похибки відповідно розмірного зношування, пружних деформацій, інструменту, зношенням установочних елементів. Дані похибки не враховуються і приймаються, що вони дорівнюють нулю.

K – коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок і залежить від кількості складових частин ε_{Σ} , які не дорівнюють нулю. $K = 1,1$.

Сумарна похибка визначається:

$$\varepsilon_{\Sigma} = 1,1 \cdot \sqrt{0,059^2 + 0,0001^2 + 0,05^2 + 0,004^2 + 0,052^2 + 0,01^2} = 0,2 \text{ мм}$$

Так як сумарна похибка $\varepsilon_{\Sigma} = 0,2$ мм менша допуску на розмір 130 мм, то даний пристрій забезпечує необхідну точність обробки.

3.3 Загальний опис конструкції та роботи пристрою для фрезерування основи

Пристрій для фрезерування основи складається із таких основних елементів:

- зварний корпус 1;
- важіль затиску 2;
- пневмоциліндр (поршень Ø200 мм) 19;
- двосекційний повітряний кран 3.

Основою корпусу є дві плити, з'єднані між собою за допомогою перемичок. В отвори цих плит встановлені два конусні пальці 4,7 на пружинах. На верхній плиті встановлені три постійні опори 9 із сферичними головками. До верхньої плити також кріпиться кутовий важіль 16 та приварюється стійка, до якої приєднаний важіль затиску 2.

Пристрій встановлюється на верстат краном і базується за допомогою повздовжньої шпонки. За допомогою болтів, які встановлюються в чотири пази нижньої плити, пристрій кріпиться на столі верстату.

Перед початком роботи важіль затиску повинен бути відкинутим, а шток пневмоциліндра – втягнутим. Заготовка, за допомогою крана, встановлюється на пристрій. Після цього важіль затиску опускається і в паз важеля закладається болт із сферичною гайкою. За допомогою повітряного крану подається повітря в безштокову порожнину пневмоциліндра. Відбувається затиск заготовки.

Після закінчення обробки повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра, відкидається болт, піднімається важіль затиску і, за допомогою крана, заготовка знімається з пристрою.

3.4 Загальний опис конструкції та роботи пристрою для обробки отворів Ø125 мм і Ø90 мм.

Пристрій для обробки двох отворів Ø125 мм і Ø90 мм складається із таких основних елементів:

- зварний корпус;
- важіль затиску 1;
- пневмоциліндр (поршень Ø160 мм) 16;
- двосекційний повітряний кран 3.

Основою корпусу є плита з привареною стійкою, на якій кріпиться затискний важіль. Також в плиті встановлені два установочні пальці – циліндричний та зрізаний 13. Крім того, до плити прикріплені три установочні пластини. Пристрій кріпиться до столу верстату за допомогою чотирьох болтів, які встановлюються в пази плити.

Перед початком роботи важіль затиску повинен бути піднятий, а шток пневмоциліндра – втягнутий. Заготовка, за допомогою крану, встановлюється на пристрій. Після цього важіль затиску опускається і в паз важеля закладається болт із сферичною гайкою. За допомогою повітряного крану подається повітря в безштокову порожнину пневмоциліндра. Відбувається затиск заготовки.

Після закінчення обробки повітря подається в штокову порожнину пневмоциліндра, відкидається болт, піднімається важіль затиску і, за допомогою крана, заготовка знімається з пристрою.

3.5 Пристрій для контролю перпендикулярності осі отвору Ø90 мм до поверхні 3

Пристрій для контролю перпендикулярності складається із таких основних елементів:

- розтискна оправка 1;
- плита 33;
- стійка 3;
- механізм ручного затиску.

На плиті закріплені стійка з двома ножами 7 та гніздом індикатора і механізм затиску.

Деталь встановлюють на столі контролера і розміщують в отворі Ø90 мм розтискну оправку. Розтиснувши сухарики, закріплюють оправку в отворі. Після цього встановлюють деталь з оправкою на плиту пристрою так, щоб нижня частина оправки дотикалась до нижнього ножа стійки. Тоді ручкою здійснюється затиск деталі. Індикатор, що розміщений в гнізді на стійці, показує зміщення осі отвору.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Виявлення шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Під час механічної обробки корпусу виникатимуть небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Для забезпечення запобігання цьому потрібно знати причини їх виникнення. Виконаний з цією метою аналіз конструкцій найбільш широко застосовуваних металорізальних верстатів різних груп в різноманітних умовах навантажень дозволяє сформулювати висновок, що до найчастіше виникаючих фізичних небезпечних факторів в даному випадку відноситимуться:

- рухомі частини виробничого обладнання;
- рухомі заготовки та деталі;
- стружка матеріалу заготовки, що обробляється;
- частинки поламаного металорізального інструменту;
- високі температури поверхонь різального інструменту і деталі, що обробляється;
- підвищена напруга в електроланцюгах верстатів та інші.

До фізичних шкідливих виробничих факторів, що виникатимуть при обробці деталі, відносяться:

- високий рівень шуму і вібрації від роботи металорізального обладнання;
- недостатнє освітлення робочої зони;
- прямий і відображений блиск;
- підвищена пульсація світлового потоку та інші.

Ці небезпечні та шкідливі виробничі фактори відносяться до групи активних факторів, які можуть впливати на людину за рахунок заключених в них енергетичних ресурсів.

Пасивно-активними факторами в даному випадку є нерівності поверхонь підлоги цеху та решіток, гострі нерухомі елементи верстатів, допоміжного обладнання та огорожі.

До пасивних небезпечних та шкідливих виробничих факторів належатимуть небезпечні явища, пов'язані з недостатньою міцністю конструкцій; підвищеними навантаженнями на вузли та механізми металорізального обладнання; впливом змащувально-охолоджувальних рідин на здоров'я працівників цеху.

4.2 Приведення до нормативних вимог виявлених шкідливих та небезпечних виробничих факторів

Оскільки виявлених шкідливих та небезпечних виробничих факторів досить багато, то виконаємо детальний аналіз одного з основних із них – виробничого шуму, та визначимося із основними технічними засобами, що дозволять зменшити його негативний вплив на здоров'я працівників цеху.

Звуки і їх сполучення, небажані в даний момент для людини, прийнято називати шумом. На практиці в більшості випадків необхідно мати справу з шумами, що являють собою сукупність багаточисленних звукових коливань, які швидко міняються по частоті і силі. Частота – це число коливань за одиницю часу. Одиниця вимірювання частоти – герц (Гц). Людина сприймає звукові коливання з частотою від 20 до 20000 Гц.

Норми шуму – це максимально допустимі рівні звукового тиску, дія якого не викликає негативних і необоротних явищ в організмі людини.

Шум класифікується наступним чином.

За характером спектра:

- широкосмужний – з безперервним спектром шириною більше однієї октави;
- тональний – в спектрі якого мають місце виражені дискретні тони.

За часовими характеристиками шум є:

- постійний, рівень звуку якого за 8 – годинний робочий день змінюється в часі не більше, ніж на 5дБА при вимірюваннях на часовій характеристиці “Повільно” шумоміра;
- непостійний, рівень звуку якого за 8 – годинний робочий день змінюється в часі більше, ніж на 5дБА.

Непостійний шум поділяється на:

- коливальний, рівень звуку якого безперервно змінюється в часі;
- безперервний, рівень звуку якого змінюється ступінчасто (на 5дБА і більше), причому тривалість інтервалів, на протязі яких рівень звуку залишається постійним, складає 1 секунду і більше;
- імпульсний, що складається з одного або декількох звукових сигналів, кожний тривалістю менше 1 секунди.

Оцінка шуму здійснюється шляхом порівняння рівнів звуку і звукового тиску, отриманих в результаті вимірювань або розрахунків, з нормативними значеннями. Допустимі рівні шуму встановлені для 8 – годинного робочого дня.

Для зменшення виробничого шуму у виробничому приміщенні цеху передбачаємо використання засобів звукоізоляції, в якості яких застосовуються звукоізолюючі огороження, звукоізолюючі кабінки, пульти управління, звукоізолюючі кожухи, акустичні екрани.

При використанні звукоізолюючих огорожень в цехах механічної обробки (стінок, перекрить, перегородок, вікон, дверей) звукоізоляція R визначається за формулою:

$$R = 10lq (p_{пад} / p_{пр}), \quad (4.1)$$

де $p_{пад}$ і $p_{пр}$ – відповідно звукова потужність, що падає на огороження і проходить через нього, Вт.

Відомо, що від того, на якій основі виготовлені мастильно-охолоджувальні матеріали, (що використовуються для металорізального обладнання), істотно залежить хімічний склад повітряного середовища у

виробничому приміщенні (від якого істотно залежить здоров'я працівників). В якості змащувального матеріалу в металообробному обладнанні використовуємо масло індустріальне типу I-20 А, температура спалаху якого значно вища нормованих 150°C і яке вільне від кислот та вологи.

Вагомий вплив на здоров'я працівників має чисте повітря потрібного хімічного складу, оптимальної температури, вологості і швидкості його руху. Створення в робочій зоні металорізальних верстатів потрібних метеорологічних умов сприятливо діє на організм, сприяє доброму самопочуттю, значно підвищує безпеку роботи, забезпечує високу ступінь працездатності. Тому метеорологічні умови в робочих зонах верстатників повинні відповідати нормативним вимогам.

Щодо температури повітря, то вона повинна бути:

— в холодний період року – $18 - 20^{\circ}$;

— в теплий період року – $21 - 23^{\circ}$.

Щодо відносної вологості повітря, то незалежно від періоду року її значення повинно не перевищувати 75 %.

Відносно швидкості руху повітря: вона повинна знаходитись в межах $0,2 - 0,3$ м/с.

У відповідності з нормативними документами значення температури, відносної вологості і швидкості руху повітря встановлюються для робочої зони виробничих приміщень в залежності від категорії важкості роботи, що виконується, величини надлишків явного тепла, що виділяється в приміщенні, і періоду року.

Категорія робіт – це розподіл робіт на основі загальних енерговитрат організму, котрі вимірюються в джоулях в секунду. Для нашого випадку приведені нормативні величини відповідають середній важкості категорії робіт (згідно [12]).

Щодо теплового режиму, то в залежності від нього розрізняють приміщення з незначними і значними надлишками явного тепла. Під явним теплом розуміють тепло, що поступає в приміщення від обладнання, отоплювальних приладів, нагрітих матеріалів і інших джерел, котре впливає на

температуру повітря в приміщенні. Значить, в нашому випадку, згідно [12], використовується приміщення з незначними надлишками тепла, для якого і встановлені приведені вище нормативні величини.

4.3 Організаційно-технічні заходи пожежної безпеки при експлуатації використовуваного металорізального обладнання

При впровадженні розробленого технологічного процесу передбачається обов'язкове дотримання вимог пожежної безпеки.

З метою дотримання цих вимог передбачається:

- розробка комплексних заходів щодо забезпечення пожежної безпеки;
- розробка і затвердження нормативних актів і інструкцій в межах підприємства, де впроваджуватиметься розроблений техпроцес;
- здійснення постійного контролю за їх дотриманням розроблених актів і інструкцій;
- забезпечення дотримання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду;
- утримування в справному стані засобів протипожежного захисту і зв'язку, пожежної техніки, обладнання та інвентарю, недопускання їх використання не за призначенням;
- здійснення заходів щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж;
- своєчасне інформування пожежної охорони про несправність пожежної техніки, системи протипожежного захисту, водопостачання тощо.

При експлуатації передбаченого у техпроцесі виробничого обладнання необхідно забезпечити виконання технічних, експлуатаційних, організаційних протипожежних заходів та протипожежних заходів режимного характеру.

До технічних заходів відносяться заходи по дотриманню протипожежних правил, норм (зокрема, при монтуванні і обслуговуванні електрообладнання, опаленні, освітленні, правильному розміщенні обладнання).

До експлуатаційних протипожежних заходів відносяться своєчасні профілактичні огляди, ремонти та випробування обладнання.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію обладнання, підтримання виробничої території у належному порядку, протипожежний інструктаж робітників, організацію добровільних пожежних дружин та пожежно-технічних комісій, підготовку та видання наказів з питань посилення пожежної безпеки.

Заходи режимного характеру – це заборона куріння в невизначених для цього місцях.

ВИСНОВКИ

Прийняті в КРБ інженерні рішення сприяють забезпеченню покращення якості виконання ТП. А саме, підвищення концентрації обробки, використання багатостатного обслуговування, що сприяє зменшенню витрат на виконання виробничого процесу.

Розроблені конструкції спеціальних верстатних пристроїв дозволили підвищити якість виготовлення деталі та зменшити час на операціях.

Собівартість виготовлення деталі зменшилася, що підтверджується проведеними розрахунками економічної доцільності реалізації запропонованого ТП.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кухарський О. М., Кушак І. В. Методичний посібник до курсового проекту по курсу “Технологія машинобудування”. Тернопіль, 2001. 58 с.
2. Классификатор ЕСКД. Иллюстрированный определитель деталей. Классы 71,72,73,74,75,76 (в отдельных книгах). М.: Издательство стандартов, 1986. 235 с.
3. Орлова П. Н., Скороходова Е. А. Краткий справочник металлиста. М.: Машиностроение, 1986. 456 с.
4. Боженко Л. І. Технологія виробництва заготовок у машинобудуванні. Київ: НМК ВО, 1990. 264 с.
5. Дьячков В. Б. Специальные металлорежущие станки общемашиностроительного применения: справочник. М.: Машиностроение, 1983. 328 с.
6. Косилова А. Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 2. 496 с.
7. Кухарський, О. М., Кузьмін М. І. Визначення припусків табличним методом. Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2004. 135 с.
8. Паливода Ю. Є., Кухарський О. М. Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом, Тернопіль, 2003. 81 с.
9. Косилова А.Г., Мещеряков Р. К. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. М. : Машиностроение, 1985. Т. 1. 1986. 656 с.
10. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов. М.: Машиностроение, 1972. 258 с.
11. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
12. Горбацевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск: Вышэйшая школа, 1975. 288 с.
13. Ансеров М. А. Приспособления для металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1966. 650 с.

14. Кухарський О. М. Методичні вказівки на тему “Проектування калібра-пробки, калібра-скоби” для виконання конструкторської частини дипломного проекту. Тернопіль, 2005.

15. Жидецький В. Ц., Джигирей В. Ц., Мельников О. В. Основи охорони праці : навчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 350 с.

16. Жидецький В. Ц. Практикум із охорони праці : Неавчальний посібник. Львів: Афіша, 2000. 349 с. 1

17. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б. Технологія оброблення валів : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 198 с.

18. Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. Інструментальні матеріали, режими різання і технічне нормування механічної обробки : навчальний посібник. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

20. Дячун А. Є. Методичний посібник з виконання курсового проекту з дисципліни «Технологія обробки типових деталей та складання машин» / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 75 с.

21. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.

22. Пилипець М. І., Данильченко Л. М., Ткаченко І. Г. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Організація виробництва». Тернопіль : ТНТУ, 2018. 60 с.