

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«__»_____ 2026 р.
Зав. кафедри д.т.н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
Володимир ДІДУР
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту тракторів та автомобілів з розробкою конструкції пристосування для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів»

Виконав: студент 3 курсу, групи 33к-ім
освітньої програми бакалавр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Плахотін Ігор Олександрович
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Ковальчук Ю.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 Факультет інженерних технологій та професійної освіти
 Кафедра агроінженерії

Освітня програма _____ «Бакалавр»
 Спеціальність _____ 208 «Агроінженерія»
 (код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Володимир ДІДУР
 «__» _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Плахотіну Ігорю Олександровичу _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Удосконалення системи технічного обслуговування та ремонту тракторів та автомобілів з розробкою конструкції пристосування для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів»

керівник проекту Ковальчук Юрій Олексійович, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 01 ” _____ травня _____ 2026 р. № 01-06/129

2. Строк подання студентом проекту _____ 18.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проекту: система планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту; напрями розвитку технічного обслуговування в районі.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.

5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; особливості ремонту корпусних деталей та відновлення отворів; напрями удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту МТП; будова та принцип роботи пристрою; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025 р.	
2.	Розділ 1. Організаційно-технічна частина	19.11.2025 р.	
3.	Розділ 2. Конструкторсько-технологічна частина	18.12.2025 р.	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026 р.	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026 р.	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026 р.	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026 р.	

Студент

(підпис)Плахотін І.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)Ковальчук Ю.О.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1. СТАН ПИТАННЯ	Ошибка! Закладка не определена.
1.1 Система планово-запобіжного технічного обслуговування і ремонту.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Підходи до розвитку системи технічного сервісу	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Формування системи технічного сервісу на рівні підприємства	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Напрями розвитку технічного обслуговування в районі	Ошибка! Закладка не определена.
1.5 Система фірмового обслуговування машин.....	Ошибка! Закладка не определена.
1.6 Можливості подальшого розвитку ремонтної та сервісної бази	Ошибка! Закладка не определена.
2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	24
2.1 Формування річної програми діяльності майстерні	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Побудова графіка виробничого циклу	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Розрахунок режиму роботи майстерні та балансу часу	Ошибка! Закладка не определена.
2.4 Розрахунок виробничих цехів і відділень. Перелік допоміжних дільниць.	Ошибка! Закладка не определена.
2.5 Схема технологічного процесу відновлення трактора	Ошибка! Закладка не определена.
2.6 Дослідження запропонованого стенда для монтажу і демонтажу муфт зчеплення.	Ошибка! Закладка не определена.
2.7 Розрахунок конструкції за умовами міцності ..	Ошибка! Закладка не определена.
2.8 Оцінка конструкції щодо відповідності вимогам охорони праці.....	Ошибка! Закладка не определена.
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	46
3.1 Мета і завдання охорони праці на підприємстві	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Правила безпечного виконання ремонтних робіт	Ошибка! Закладка не определена.

	5
4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	50
4.1 Технічні та економічні показники діяльності ..	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Розрахунок економічної ефективності використання стенда	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВОК.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	58

1. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Розрахунок кількості технічних обслуговувань та ремонтів (ТОР)

Річний обсяг ремонтних робіт визначають на основі розрахунку кількості технічних обслуговувань і ремонтів машин за кожною маркою.

Вихідними даними для виконання таких розрахунків є:

- середньорічне планове напрацювання машин;
- нормативна періодичність проведення ремонтів і технічних обслуговувань для кожної марки техніки;
- кількість машин за окремими марками.

Для тракторів кількість ремонтів і технічних обслуговувань доцільно визначати груповим методом, з урахуванням числа машин певної марки, річно-го запланованого напрацювання та встановленої періодичності ремонтів і ТО для відповідної техніки.

Розрахункову кількість технічних обслуговувань і ремонтів округлюють до цілого значення. При цьому дробові величини після коми менше 0,85 не враховують, а значення, що перевищують 0,85, округлюють до одиниці.

Розрахунок планової кількості капітальних ремонтів тракторів:

$$N_{кр} = \frac{Q_r \cdot n_m}{\Pi_{кр}} \quad (1.1)$$

де Q_r — річне напрацювання трактора (або автомобіля) за плановий період;

n_m — кількість машин відповідної марки;

$\Pi_{кр}$ — планова періодичність проведення капітальних ремонтів.

Розрахунок планової кількості поточних ремонтів тракторів:

$$N_{тр} = \frac{Q_r \cdot n_m}{\Pi_{тр}} - N_{кр} \quad (1.2)$$

де $\Pi_{тр}$ — періодичність проведення поточних ремонтів.

Розрахунок планової кількості технічних обслуговувань тракторів:

$$N_{ТО-3} = \frac{Q_r \cdot n_m}{\Pi_{ТО-3}} - N_{кр} - N_{тр} \quad (1.3)$$

$$N_{ТО-2} = \frac{Q_r \cdot n_m}{\Pi_{ТО-2}} - N_{кр} - N_{тр} - N_{ТО-3} \quad (1.4)$$

$$N_{ТО-1} = \frac{Q_r \cdot n_m}{\Pi_{ТО-1}} - N_{кр} - N_{тр} - N_{ТО-3} - N_{ТО-2} \quad (1.5)$$

де $\Pi_{ТО-1}$, $\Pi_{ТО-2}$, $\Pi_{ТО-3}$ — планова періодичність ТО — 1, ТО — 2 и ТО — 3;

Розрахунок кількості сезонних технічних обслуговувань тракторів для кожної

марки техніки:

$$N_{\text{сез}} = 2 \cdot n_{\text{м}} \quad (1.6)$$

Визначимо кількість технічних обслуговувань і ремонтів для тракторів ДТ-75М:

$$Q_r = 1150 \text{ у.е.га.}, n = 5, P_{\text{ТО-1}} = 77, P_{\text{ТО-2}} = 310, P_{\text{тр}} = 2480, P_{\text{кр}} = 7260.$$

$$N_{\text{кр}} = \frac{1150 \cdot 5}{7260} = 0,79 \text{ приймаємо } 0$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{1150 \cdot 5}{2480} - 0 = 2,32 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{1150 \cdot 5}{1240} = -0 - 2 = 2,64 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{1150 \cdot 3}{310} - 0 - 2 - 2 = 14,55 \text{ приймаємо } 14$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{1150 \cdot 3}{77} - 0 - 2 - 2 - 14 = 56,68 \text{ приймаємо } 56$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для тракторів МТЗ-80(82):

$$Q_r = 1150 \text{ у.е.га.}, n = 11, P_{\text{ТО-1}} = 52, P_{\text{ТО-2}} = 210, P_{\text{ТО-3}} = 840, P_{\text{тр}} = 1680, P_{\text{кр}} = 5600.$$

$$N_{\text{кр}} = \frac{1150 \cdot 11}{5600} = 2,26 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{1150 \cdot 11}{1680} - 2 = 5,53 \text{ приймаємо } 5$$

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{1150 \cdot 11}{840} = -2 - 5 = 8,06 \text{ приймаємо } 8$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{1150 \cdot 11}{210} - 2 - 5 - 8 = 45,24 \text{ приймаємо } 45$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{1150 \cdot 11}{552} - 2 - 5 - 8 - 45 = 183,27 \text{ приймаємо } 183$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для тракторів Беларус-1221:

$$Q_r = 1259 \text{ у.е.га.}, n = 3, P_{\text{ТО-1}} = 162, P_{\text{ТО-2}} = 650, P_{\text{ТО-3}} = 1300, P_{\text{тр}} = 2600, P_{\text{кр}} = 7800.$$

$$N_{\text{кр}} = \frac{1259 \cdot 3}{7800} = 0,48 \text{ приймаємо } 0$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{1259 \cdot 3}{2600} - 0 = 1,45 \text{ приймаємо } 1$$

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{1259 \cdot 3}{1300} = -0 - 1 = 1,91 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{1259 \cdot 3}{650} - 0 - 1 - 2 = 2,81 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{1259 \cdot 3}{162} - 0 - 1 - 2 - 2 = 18,31 \text{ приймаємо } 18$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для тракторів Т-150К: $Q_r =$

$$1910 \text{ у.е.га.}, n = 6, P_{\text{ТО-1}} = 120, P_{\text{ТО-2}} = 480, P_{\text{ТО-3}} = 1920, P_{\text{тр}} = 3840, P_{\text{кр}} =$$

11790.

$$N_{\text{кр}} = \frac{1910 \cdot 6}{7800} = 0,97 \text{ приймаємо } 1$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{1910 \cdot 6}{2600} - 1 = 1,98 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{1910 \cdot 6}{1300} = -1 - 2 = 2,97 \text{ приймаємо } 3$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{1910 \cdot 6}{650} - 1 - 2 - 3 = 17,88 \text{ приймаємо } 18$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{1910 \cdot 6}{162} - 1 - 2 - 3 - 18 = 71,50 \text{ приймаємо } 71$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для тракторів ЮМЗ-6А:
 $Q_r = 811$ у.е.га., $n = 1$, $\Pi_{\text{ТО-1}} = 45$, $\Pi_{\text{ТО-2}} = 180$, $\Pi_{\text{ТО-3}} = 720$, $\Pi_{\text{тр}} = 1440$, $\Pi_{\text{кр}} = 5230$.

$$N_{\text{кр}} = \frac{811 \cdot 1}{5230} = 0,16 \text{ приймаємо } 0$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{811 \cdot 1}{1140} - 0 = 0,56 \text{ приймаємо } 0$$

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{811 \cdot 1}{720} = -0 - 0 = 1,12 \text{ приймаємо } 1$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{811 \cdot 1}{180} - 0 - 0 - 1 = 3,51 \text{ приймаємо } 3$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{811 \cdot 1}{45} - 0 - 0 - 1 - 3 = 14,02 \text{ приймаємо } 14$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для тракторів К-701;К-700;К-744;John Deere 8320R: $Q_r = 3359$ у.е.га., $n = 4$, $\Pi_{\text{ТО-1}} = 195$, $\Pi_{\text{ТО-2}} = 780$, $\Pi_{\text{ТО-3}} = 3120$, $\Pi_{\text{тр}} = 6200$, $\Pi_{\text{кр}} = 19040$.

$$N_{\text{кр}} = \frac{3359 \cdot 4}{19040} = 0,71 \text{ приймаємо } 0$$

$$N_{\text{тр}} = \frac{3359 \cdot 4}{6200} - 0 = 2,17 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-3}} = \frac{3359 \cdot 4}{3120} = -0 - 2 = 2,31 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{3359 \cdot 4}{780} - 0 - 2 - 2 = 13,21 \text{ приймаємо } 13$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{3359 \cdot 4}{195} - 0 - 2 - 2 - 13 = 51,90 \text{ приймаємо } 52$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для автомобіля марки ЗІЛ ММЗ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{46000 \cdot 4}{160000} = 1,15 \text{ приймаємо } 1$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{46000 \cdot 4}{10000} - 1 = 17,4 \text{ приймаємо } 17$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{46000 \cdot 4}{2500} - 1 - 17 = 55,6 \text{ приймаємо } 55$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для автомобіля марки ГАЗ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{43000 \cdot 6}{130000} = 1,98 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{43000 \cdot 6}{10000} - 2 = 23,80 \text{ приймаємо } 23$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{43000 \cdot 6}{2500} - 2 - 23 = 78,2 \text{ приймаємо } 78$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для автомобіля марки ВАЗ;
УАЗ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{50000 \cdot 6}{120000} = 2,50 \text{ приймаємо } 2$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{50000 \cdot 6}{12000} - 2 = 23,00 \text{ приймаємо } 23$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{50000 \cdot 6}{3000} - 2 - 23 = 75,00 \text{ приймаємо } 75$$

Визначимо число технічних обслуговувань і ремонтів для автомобіля марки КА-
МАЗ:

$$N_{\text{кр}} = \frac{55000 \cdot 3}{120000} = 1,50 \text{ приймаємо } 1$$

$$N_{\text{ТО-2}} = \frac{55000 \cdot 3}{10000} - 1 = 15,5 \text{ приймаємо } 15$$

$$N_{\text{ТО-1}} = \frac{55000 \cdot 3}{2500} - 1 - 15 = 50,00 \text{ приймаємо } 50$$

Результати виконаних розрахунків заносимо до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Кількість ремонтів і технічних обслуговувань тракторів на плановий рік

Марка Трактори, Автомобіля	Кількість Тракторів та автомобілів	Сумарна кількість ремонтів та технічних обслуговувань тракторів (автомобілів)					
		$N_{\text{кр}}$	Тр	$N_{\text{ТО-1}}$	$N_{\text{ТО-2}}$	$N_{\text{ТО-3}}$	$N_{\text{сез}}$
ДТ-75М	5	0	2	56	14	2	10
МТЗ-80,82	11	2	5	183	45	8	22
Беларус-1221	3	0	1	18	2	2	6
Т-150К	6	1	2	71	18	3	12
ЮМЗ-6А	1	0	0	14	3	1	2
К-700; К-701	4	0	2	52	13	2	8
ЗИЛ ММЗ	4	1	-	55	17	-	8
ГАЗ	6	2	-	78	23	-	12
ВАЗ; УАЗ	6	2	-	75	23	-	12
КАМАЗ	3	1	-	50	15	-	6

1.2 Обчислення обсягу трудових витрат на ремонтні роботи

Після визначення кількості ремонтів і технічних обслуговувань за кожною групою машин однієї марки виконують розрахунок їх річної трудомісткості.

Для тракторів:

$$T_{\text{сум}} = T_{\text{ТО}} + T_{\text{тр}} + T_{\text{д}} + T_{\text{уо}} \quad (1.7)$$

де $T_{\text{ТО}}$ – сумарна трудомісткість технічних обслуговувань і усунення несправностей, люд.-год;

$T_{\text{тр}}$ – трудомісткість поточних ремонтів машин однієї марки, люд.-год;

$T_{\text{д}}$ – трудомісткість технічного діагностування, люд.-год;

$T_{\text{уо}}$ – трудомісткість усунення відмови трактора відповідної марки, люд.-год.

$$T_{\text{ТО}} = T_{\text{ТО-1}} + T_{\text{ТО-2}} + T_{\text{ТО-3}} + T_{\text{тн}} + T_{\text{сез}} \quad (1.8)$$

де $T_{\text{ТО-1}}$, $T_{\text{ТО-2}}$, $T_{\text{ТО-3}}$ – загальна трудомісткість ТО – 1, ТО – 2 та ТО – 3, люд.-год;

$T_{\text{тн}}$ – трудомісткість з усунення технічних несправностей, люд.-год;

$T_{\text{сез}}$ – трудомісткість сезонного ТО, люд.-год.

$$T_{\text{ТО-1}} = N_{\text{ТО-1}} \cdot H_1 \quad (1.9)$$

$$T_{\text{ТО-2}} = N_{\text{ТО-2}} \cdot H_2 \quad (1.10)$$

$$T_{\text{ТО-3}} = N_{\text{ТО-3}} \cdot H_3 \quad (1.11)$$

де $N_{\text{ТО-1}}$, $N_{\text{ТО-2}}$, $N_{\text{ТО-3}}$, – число технічних обслуговувань;

H_1 , H_2 , H_3 – нормативна трудомісткість відповідно одного ТО – 1, ТО – 2, ТО – 3, люд.-год.

Трудомісткість робіт з усунення технічних несправностей орієнтовно приймають у розмірі 50 % від загального обсягу робіт, пов'язаних із виконанням періодичних технічних обслуговувань:

$$T_{\text{тн}} = 0,5 \cdot (T_{\text{ТО-1}} + T_{\text{ТО-2}} + T_{\text{ТО-3}}) \quad (1.12)$$

Трудомісткість сезонного технічного обслуговування тракторів визначають за такою формулою:

$$T_{\text{сез}} = n_{\text{м}} \cdot H_{\text{сез}} \cdot N_{\text{сез}} \quad (1.13)$$

де $H_{\text{сез}}$ – нормативна трудомісткість сезонного обслуговування, люд.-год.

Визначення трудомісткості поточного ремонту:

$$T_{\text{тр}} = \frac{n_{\text{м}} \cdot Q_{\text{р}} \cdot H_{\text{тр}}}{1000} \quad (1.14)$$

де $N_{\text{тр}}$ – нормативна трудомісткість поточного ремонту, люд.-год.

У процесі експлуатації сільськогосподарської техніки можливі випадки виникнення відмов у роботі машин. Тому під час планування ремонтних робіт необхідно також урахувувати трудомісткість усунення експлуатаційних відмов тракторів. Трудомісткість таких робіт визначають за відповідною формулою:

$$T_{\text{yo}} = n_1 \cdot T_{\text{yo1}} + n_2 \cdot T_{\text{yo2}} + \dots + n_i \cdot T_{\text{yoi}} \quad (1.15)$$

де n_1, n_2, n_i – кількість тракторів різних марок, наявних у господарстві.;

$T_{\text{yo1}}, T_{\text{yo2}}, T_{\text{yoi}}$ – трудомісткість усунення відмови трактора відповідної марки.

Визначення загальної трудомісткості діагностування тракторів:

$$T_{\text{д}} = t_{\text{д2}} \cdot N_{\text{ТО-2}} + t_{\text{д3}} \cdot N_{\text{ТО-3}} + t_{\text{дтех}} \cdot n_{\text{м}} + t_{\text{др}} \cdot N_{\text{тр}} \quad (1.16)$$

де $t_{\text{д2}}, t_{\text{д3}}, t_{\text{дтех}}, t_{\text{др}}$ – тобто трудомісткість одного діагностування трактора під час ТО – 2, ТО – 3, технічних оглядів і передремонтного діагностування, люд.-год.

Для ДТ-75М:

$$T_{\text{сум}} = 596 + 1541,0 + 214,2 + 90,7 = 2442,3 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{ТО}} = 151,2 + 89,6 + 42,8 + 141,8 + 171,0 = 596,4 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{ТО-1}} = 56 \cdot 2,7 = 151,2 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{ТО-2}} = 14 \cdot 6,4 = 89,6 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{ТО-3}} = 2 \cdot 21,4 = 42,8 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{тн}} = 0,5 \cdot (151,2 + 89,6 + 42,8) = 141,8 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{сез}} = 5 \cdot 2 \cdot 17,1 = 171,0 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{тр}} = (5 \cdot 1150 \cdot 268) / 1000 = 1541,0 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{yo}} = 5 \cdot 19,4 = 90,7 \text{ люд.-год}$$

$$T_{\text{д}} = 5,9 \cdot 14 + 32 \cdot 2 + 12 \cdot 5 + 3,8 \cdot 2 = 214,2 \text{ люд.-год}$$

Для решти тракторів розрахунки виконують за аналогічною методикою. Результати проведених обчислень зводять у таблицю 1.2.

Таблиця 1.2 – Трудомісткість технічного обслуговування, діагностування та ремонту тракторів на плановий рік

Марка тракторів	Кількість тракторів, шт	Трудомісткість, чол. год			
		$T_{то}$	$T_{тр}$	T_d	$T_{сум}$
1	2	3	4	5	6
ДТ-75М	5	596,4	1541,0	214,2	2442,3
МТЗ-80(82)	11	1521,5	2062,0	579,0	4153,5
Беларус 1221	3	165,6	736,5	96,7	1051
Т-150К	6	621,2	2617,3	297,9	3629,3
ЮМЗ-6А	1	141,7	108,7	51,3	311,3
К-701, К-744	4	619,8	3990,5	261,5	4797,8
Итого	30	3666,2	11056,0	1500,6	16385,2

Для автомобілей:

$$T_{сум} = T_{ос} + T_{дод} + T_{кр} \quad (1.17)$$

де $T_{ос}$ та $T_{дод}$ – трудомісткість основних і додаткових робіт, люд.-год.

$$T_{ос} = T_1 + T_2 + T_{сп.р1} + T_{сп.р2} + T_{со} + T_{тр} + T_d \quad (1.18)$$

де T_1 та T_2 – річна трудомісткість ТО – 1 і ТО – 2 відповідно, люд.-год;

$T_{сп.р1}$ та $T_{сп.р2}$ – річна трудомісткість супутнього поточного ремонту під час виконання ТО – 1 і ТО – 2, люд.-год;

$T_{со}$ – річна трудомісткість сезонного технічного обслуговування автомобілів, люд.-год;

$T_{тр}$ – річна трудомісткість поточних ремонтів автомобілів, люд.-год.

T_d – річна трудомісткість технічного діагностування, люд.-год.

$$T_{дод} = 0,3 \cdot T_{ос} \quad (1.19)$$

$$T_1 = t_1 \cdot N_{ТО-1} \quad (1.20)$$

$$T_2 = t_2 \cdot N_{ТО-2} \quad (1.21)$$

де t_1 і t_2 – трудомісткість одиниці ТО – 1 і ТО – 2, люд.-год.

$$T_{сп.р1} = C_{тр} \cdot T_1 \quad (1.22)$$

$$T_{сп.р2} = C_{тр} \cdot T_2 \quad (1.23)$$

де $C_{тр}$ – частка супутнього поточного ремонту, що залежить від «віку» автомобілів (0,15...0,2).

Сезонне обслуговування автомобілів виконують двічі на рік під час підготовки рухомого складу до роботи в холодний і теплий періоди. Сезонне технічне

обслуговування поєднують із ТО-2, відповідно збільшуючи обсяг виконуваних робіт. Трудомісткість сезонного обслуговування приймають у розмірі 20 % від трудомісткості одного ТО-2 для кожної марки техніки, тобто:

$$T_{co} = 0,2 \cdot n_m \cdot t_2 \cdot N_{сез} \quad (1.24)$$

Річна трудомісткість поточного ремонту за парком машин:

$$T_{тр} = \frac{n_m \cdot L_r \cdot t_{тр}}{1000} \quad (1.25)$$

$t_{тр}$ – нормативна трудомісткість поточного ремонту на 1000 км пробігу, люд.-год,

L_r – річний пробіг автомобілів, км.

Визначення загальної трудомісткості діагностування автомобілів

Діагностування технічного стану автомобілів за своїм призначенням, періодичністю виконання, переліком робіт, трудомісткістю та місцем у технологічному процесі технічного обслуговування і поточного ремонту поділяється на загальне та поелементне. Загальне діагностування позначають як Д-1, а поелементне — як Д-2. Додатково застосовують діагностування, яке виконують безпосередньо на постах технічного обслуговування і поточного ремонту з метою своєчасного виявлення та усунення несправностей і відмов у процесі проведення обслуговування та ремонту.

Загальне діагностування виконують з періодичністю, що відповідає ТО-1. Його основне призначення полягає у визначенні технічного стану агрегатів, вузлів, механізмів і систем, від яких залежить безпека руху автомобіля.

Поелементне діагностування проводять за 1–2 дні до запланованого ТО-2. Це дає змогу завчасно спланувати роботу технічної служби та підготуватися до виконання супутніх поточних ремонтів. Головне призначення такого діагностування полягає у точному встановленні місця виникнення несправностей і відмов, а також у визначенні їх причин і характеру:

$$T_d = T_{d-1} + T_{d-2} + T_{тр(д)} \quad (1.26)$$

де T_{d-1} та T_{d-2} – річна трудомісткість загального та поелементного діагностування відповідно, люд.-год;

$T_{тр(д)}$ – річна трудомісткість діагностичних робіт, пов'язаних із поточним ремонтом автопарку.

Роботи із загального діагностування автомобілів доцільно виконувати перед проведенням ТО-1 і після завершення ТО-2, а також вибірково після поточного ремонту

в обсязі 10 % від загальної програми технічного обслуговування. Поелементне діагностування слід проводити перед ТО-2, а також вибірково після поточного ремонту в кількості 20 % від програми ТО-2. Виходячи з цих рекомендацій, річну трудомісткість загального і поелементного діагностування визначають за такими залежностями:

$$T_{д-1} = t_{д-1}(1,1 \cdot N_1 + N_2) \quad (1.27)$$

$$T_{д-2} = 1,2 \cdot t_{д-2} \quad (1.28)$$

де $t_{д-1}$, $t_{д-2}$ – відповідно трудомісткість одного Д-1 і Д-2, люд.-год.

N_1 , N_2 – відповідно кількість ТО-1 і ТО-2 за рік.

$$t_{д-1} = t_1 \cdot k_1 \quad (1.29)$$

$$t_{д-2} = t_2 \cdot k_2 \quad (1.30)$$

де t_1 і t_2 – відповідно розрахункова трудомісткість одиниці ТО-1 і ТО-2, люд.-год;

k_1 і k_2 – відповідно частка трудомісткості діагностичних робіт під час проведення ТО-1 і ТО-2.

Визначення річної трудомісткості діагностичних робіт при поточному ремонті:

$$T_{тр(д)} = T_{тр} \cdot k_{тр} \quad (1.31)$$

де: $k_{тр}$ – частка трудомісткості діагностичних робіт під час поточного ремонту, люд.-год.

Для ЗІЛ ММЗ:

$$T_{сум} = 1967,03 + 590,1 = 2557,1 \text{ люд.-год}$$

$$T_{ос} = 220,0 + 273,7 + 44,0 + 54,74 + 25,8 + 1324,8 + 24,0 = 1967,0 \text{ люд.-год}$$

$$T_{дод} = 1967,0 \cdot 0,3 = 590,1 \text{ люд.-год}$$

$$T_1 = 4,0 \cdot 55 = 200,0 \text{ люд.-год}$$

$$T_2 = 16,1 \cdot 17 = 273,7 \text{ люд.-год}$$

$$T_{сп.р1} = 0,2 \cdot 200,0 = 44,0 \text{ люд.-год}$$

$$T_{сп.р2} = 0,2 \cdot 273,7 = 54,7 \text{ люд.-год}$$

$$T_{со} = 0,2 \cdot 4 \cdot 16,1 \cdot 2 = 25,74 \text{ люд.-год}$$

$$T_{тр} = (4 \cdot 46000 \cdot 7,2) / 1000 = 1324,8 \text{ люд.-год}$$

$$T_{д} = 2,8 + 1,36 + 19,9 = 24,03 \text{ люд.-год}$$

$$T_{д-1} = 0,036 \cdot (1,1 \cdot 55 + 17) = 2,8 \text{ люд.-год}$$

$$T_{д-2} = 1,2 \cdot 1,13 = 1,36 \text{ люд.-год}$$

$$t_{д-1} = 4 \cdot 0,09 = 0,036 \text{ люд.-год}$$

$$t_{д-2} = 16,1 \cdot 0,07 = 1,13 \text{ люд.-год}$$

$$T_{тр(д)} = 1324,8 \cdot 0,015 = 19,9 \text{ люд.-год}$$

Для інших тракторів обчислення виконують за такою самою схемою. Підсумкові результати проведених розрахунків подають у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Трудомісткість технічного обслуговування, діагностування та ремонту автомобілів на плановий рік

Марка автомобіля	Кількість автомобілів, шт	Трудомісткість, люд.-год				
		$T_{\text{сум}}$	$T_{\text{ТО}}$	$T_{\text{спр}}$	$T_{\text{тр}}$	$T_{\text{д}}$
ЗИЛ ММЗ	4	2553,1	473,7	98,7	1324,8	24,0
ГАЗ	6	2674,4	497,6	99,5	1522,2	63,4
ВАЗ; УАЗ	6	4705,5	420,3	84,6	3090,0	75,5
КАМАЗ	3	3200	542,5	108,5	1732,5	52,2
Разом	19	13133,0	1934,1	391,3	7669,5	215,1

Визначення обсягу додаткових робіт

Трудомісткість додаткових робіт визначають у відсотках від загальної річної трудомісткості робіт з технічного обслуговування та ремонту. Рекомендовані значення цих відсотків для умов ремонтних майстерень господарств наведено в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Обсяг додаткових робіт

Вигляд робіт	% к $T_{\text{ТОР}}$	$T_{\text{дод}}$
Ремонт обладнання	9	2656,7
Відновлення та виготовлення деталей	6	1771,1
Ремонт та виготовлення оснастки, інструменту	4	1180,7
Роботи з ремонту обладнання ЖФ	5	1475,9
Інші (невраховані) роботи	10	2951,9
РАЗОМ:		10036,3

Річна трудомісткість робіт по майстерні:

$$T_{\text{річ}} = T_{\text{ТОР}} + \sum T_{\text{дод}} = 29518,2 + 10036,3 = 39554,4 \text{ люд.-год}$$

1.3 Встановлення структури виробничих дільниць

Склад дільниць ремонтного підприємства приймають відповідно до технологічного процесу ремонту машин, а також з урахуванням типових проєктів аналогічних

ремонтних майстерень.

Для цієї ремонтної майстерні доцільно передбачити такі виробничі дільниці:

- дільницю зовнішнього очищення, розбирання та складання машин;
- дільницю технічного обслуговування і діагностування;
- дільницю ремонту електрообладнання;
- дільницю заряджання та зберігання акумуляторних батарей;
- дільницю ремонту і регулювання паливної апаратури;
- слюсарно-механічну дільницю;
- зварювальну дільницю;
- побутові та допоміжні приміщення;
- верстатну дільницю.

1.4 Розподіл обсягу трудових витрат за виробничими ділянками

Розподіл усього обсягу ремонтно-обслуговувальних робіт за їх видами, а відповідно і між окремими дільницями майстерні, виконують на основі встановлених відсоткових співвідношень кожного виду робіт у загальній трудомісткості.

1.4.1 Розрахунок складу виробничих кадрів пункту технічного обслуговування

Розрахунок необхідної явочної та облікової чисельності робітників

Визначаємо явочну та облікову кількість працівників:

$$P_{яв} = T_{нр} / (\Phi_p^H \cdot \alpha) \quad (1.32)$$

$$P_{cn} = T_{нр} / (\Phi_p^D \cdot \alpha) \quad (1.33)$$

де $P_{яв}$, P_{cn} - явочна та облікова чисельність робітників відповідно, $T_{нр}$ - трудомісткість виконання ремонту цього виду, люд.-год.

Φ_p^H – номінальний фонд робочого часу працівника, год., $\Phi_p^H = 2070$ год;

Φ_p^D – дійсний фонд робочого часу працівника $\Phi_p^D = 1860$ год;

α – Коефіцієнт виконання норм.

Пі д час визначення необхідної кількості робітників приймаємо значення $\alpha =$

1. Для подальших розрахунків штатної чисельності персоналу майстерні, з урахуванням можливого поєднання одним працівником кількох професій, коефіцієнт α може перебувати в межах 0,95–1,15. У цьому випадку для розрахунків також обираємо $\alpha = 1$.

Отримані результати розрахунку зводимо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Розрахунок необхідної кількості робітників

№ п/п	Найменування робіт	Трудоміс- кість робіт за видами робіт	Фонд часу робітника, год		Число робітників	
			Номінал- ьний фонд	Дійовий фонд	Явочне	Спискове
1	2	3	4	5	6	7
1	Розбиральні	1377,4	2070	1860	0,67	0,74
	Мийні	214,9	2070	1860	0,10	0,12
2	Дефектувальні	431,4	2070	1860	0,21	0,23
	Комплектувальні	304,4	2070	1860	0,15	0,16
3	Ремонт корбюраторів	407,7	1830	1630	0,22	0,25
	Ремонт ТНВД	28,4	1830	1630	0,02	0,02
4	Складальні	5932,9	2070	1860	2,87	3,19
5	Випробувально- регулювальні	2150,0	1830	1630	1,17	1,32
6	Слюсарно-підганяльні	2821,4	1830	1630	1,54	1,73
7	Ремонт агрегатів	4140,1	2070	1860	2,00	2,23
8	Електрозварювальні	1876,0	1830	1630	1,03	1,15
	Відновлення	1209,6	1830	1630	0,66	0,74
9	Електроремонтні	2545,0	2070	1860	1,23	1,37
10	Столярно-шпалерні	4343,3	2070	1860	2,10	2,34
	Обойно-малярні	1161,9	1830	1630	0,63	0,71
11	Шиноремонтні	673,3	2070	1860	0,33	0,36
12	Ковальський	2135,0	1830	1630	1,17	1,31
13	Жестяницький	1254,7	1830	1630	0,69	0,77
	Медницький	882,9	1830	1630	0,48	0,51
14	Верстатний	5664,1	2070	1860	2,74	3,05
ВСЬОГО:		39554,4			20,01	22,30

У результаті розрахунку чисельності працівників були отримані дробові значення. Тому виникає потреба у поєднанні робіт споріднених видів, тобто суміщенні професій, щоб привести чисельність до цілих одиниць. При цьому допустимим вважається недовантаження працівника в межах до 5 %, а перевантаження — не більше 15 %.

Підсумкові дані щодо формування штатного складу робітників подаємо в таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок штатного складу робітників

Найменування виконуваних і сумісних робіт	Розрахункова кількість робітників		Прийнята кількість робітників		Завантаження штатних робітників, %
	За фактом	Сума	Штатні	Тимчасові	
1	2	3	4	5	6
Розбиральні	0,74	1,09	1		109
Дефектувальні	0,23				
Мийні	0,12				
Складальні	3,19	3,19	3		106
Коплектувальні	0,16	4,07	4		102
Ремонт карбюраторів	0,25				
Ремонт ТНВД	0,02				
Випробувально-регулювальні	1,32				
Ремонт агрегатів	2,23				
Слюсарно-підганяльні	1,73	2,88	3		96
Електрозварювальні	1,15				
Відновлення	0,74	2,11	2		106
Електроремонтні	1,37				
Столярно-шпалерні	2,34	3,08	3		103
Обойно-молярні	0,71				
Шиноремонтні	0,36	2,95	3		98
Ковальські	1,31				
Жестяницькі	0,77				
Медницькі	0,51				
Верстатні	3,05	3,05	3		102

1.5 Обчислення потреби в обладнанні для дільниці технічного обслуговування та поточного ремонту

Вихідними даними для визначення кількості обладнання є розроблений технологічний процес виконання робіт, а також трудомісткість окремих виробничих операцій.

Кількість обладнання для кожної дільниці встановлюють з урахуванням обсягу робіт, характеру технологічних операцій та витрат часу на їх виконання. Розрахунок необхідної кількості обладнання по окремих дільницях здійснюють у такій послідовності:

$$N_n = \frac{\sum T_n}{\Phi_{до}} \quad (1.34)$$

де $\sum T_n$ – сумарна трудомісткість робіт

$\Phi_{до}$ – дійсний фонд часу

Оснащення постів обладнанням і діагностичними засобами має забезпечувати механізоване виконання найбільш трудомістких операцій технічного обслуговування, створювати можливість для діагностування технічного стану машин без їх розбирання, а також гарантувати належні та безпечні умови праці для персоналу.

Розрахунок розбирально-складального обладнання.

$$N_{p-c} = \frac{\sum T_{p-c}}{\Phi_{до}} = \frac{7310,3}{2010} = 3,64 \text{ приймаємо 4 одиниці}$$

Розрахунок слюсарного обладнання:

$$N_{co} = \frac{\sum T_{c.o.}}{\Phi_{до}} = \frac{2821,4}{2010} = 1,40 \text{ приймаємо 1 одиницю}$$

Розрахунок верстатного обладнання:

$$N_{ст} = \frac{\sum T_{ст.}}{\Phi_{до} \cdot K_3} = \frac{5664,1}{2010 \cdot 0,85} = 3,32 \text{ приймаємо 3 одиниці}$$

K_3 — коефіцієнт завантаження верстата в часі, значення якого не повинно перевищувати $\leq 0,85$.

Розрахунок електрогазозварювального обладнання:

$$N_n = \frac{\sum T_n}{\Phi_{до} \cdot K_n} = \frac{6148,6}{2030 \cdot 0,7} = 4,33 \text{ приймаємо 4 одиниці}$$

K_n — коефіцієнт завантаження електрогазозварювального обладнання.

Розрахунок обладнання для електроремонтної дільниці:

$$N_e = \frac{\sum T_e}{\Phi_{до}} = \frac{2545,0}{2010} = 1,27 \text{ приймаємо 1 одиницю}$$

Таблиця 1.7 – Перелік обладнання для дільниці технічного обслуговування і поточного ремонт

№ п/п	Найменування	Марка	Габаритні розміри, мм	Займана площа, м ²	Кількість, шт
1	2	3	4	5	6
1	Стенд універсальний для розбирання та збирання двигунів.	ОПР-989-ГОСНИТИ	1500x1500x825	2,25	1
2	Установка для діагностування тракторів	КІ-4935-ГОСНИТИ	3550x800	2,84	1
3	Стенд для випробування дизельної паливної апаратури	КІ-22205	1100x620x1700	0,68	1
4	Стенд універсальний контрольно-випробувальний	КІ-968-ГОСНИТИ	885x885x1545	0,78	1

	для перевірки електроустаткування				
5	Прилад для визначення технічного стану циліндро-поршневої групи двигунів	НИИАТ-К-69	305x260x180	0,08	1
6	Установка компресорна	ВУ 3/8	1750x1135x1220	1,98	1
7	Тиски слюсарні поворотні, тип-І	ГОСТ 4045-57	480x340x300	0,13	1
8	Набір обладнання, приладів та пристроїв для ремонту електрообладнання	ПТ-761-2-ГОСНИТИ			1
9	Комплект обладнання, приладів та пристроїв для технічного обслуговування акумуляторних батарей	КИ-389-ГОСНИТИ			1
10	Гайковерт пневматичний	ПИМ-1763-ГОСНИТИ		0,02	1
11	Інструмент «Великий набір»	ПИМ-1511А-ГОСНИТИ	502x200x200	0,10	1
12	Таль електрична	ТЭЗ-511	815x440x1220	0,36	1
13	Візок для перевезення агрегатів та вузлів	ОПТ-683М-ГОСНИТИ	1000x600	0,6	1
14	Візок пересувний інструментальний	ОРГ-70-7878-1004-ГОСНИТИ	670x450x935	0,30	1
15	Бак маслороздавальний	133-1-ГАРО	285x420x640	0,12	1
16	Колонка маслороздавальна	367МЗ-ГАРО	365x253x1120	0,09	1
17	Верстат слюсарний на два робочі місця	ОРГ-1468-01-070-ГОСНИТИ	2400x800x805	1,92	1
18	Стіл монтажний металевий	ОРГ-1468-01-080А-ГОСНИТИ	1200x800x600	0,96	1
19	Стіл для електрозварювальних робіт	ОКС-7523-ГОСНИТИ	1100x750x650	0,83	1
20	Шафа для зберігання одягу	ПМЗ-19-00А	1050x500x1170	0,53	1
21	Тумбочка для інструментів	ОРГ-1468-18-830-ГОСНИТИ	600x400x1000	0,24	1
22	Скриня для обтиральних матеріалів	ОРГ-1468-07-090А-ГОСНИТИ	1000x500x500	0,50	1
23	Маска зварювальника	ГОСТ 1361-69	280x150x150	0,02	1
24	Верстат токарно-гвинторізний	1М63	3550x1690	5,66	1
25	Верстат фрезерний універсальний	6И82Ш	1825x2445	4,46	1
26	Верстат настільно-свердлильний	ИС12А	700x360	0,25	1
27	Стелаж для зберігання акумуляторів	ОРГ-1468-05-160-ГОСНИТИ	1200x700x600	0,84	1
28	Ящик для піску	ОРГ-1468-03-320-ГОСНИТИ	500x400x1000	0,20	1
29	Стелаж для деталей	ОРГ-1468-05-230А-	1400x500x2365	0,7	1

		ГОСНИТИ			
30	Стелаж для інструментів	ОРГ-1468-05-280-ГОМНИТИ	1400x500x236 5	0,7	1
31	Трансформатор зварювальний	ТС-300	760x520	0,40	1
32	Генератор ацетиленовий стаціонарний	АКС-1-67	1520x865	1,31	1
33	Очисна машина-пересувна	ОМ-5360	1200x800	0,96	1
34	Пересувна мийна ванна		1204x1100	1,32	1
35	Оглядова яма		15000x1000	15	1

1.6 Визначення площі, яку займають обладнання та ремонтвані об'єкти на ділянці ТО і ПР

Площу виробничих ділянок визначають на основі площі, яку займає прийняте обладнання, а також площі ремонтovanого об'єкта — трактора або автомобіля, з урахуванням перехідного коефіцієнта:

$$F_{\text{заг}} = (F_{\text{об}} + F_{\text{м}}) \cdot \eta \quad (1.35)$$

де $F_{\text{об}}$ – Площа, яку займає обладнання, м².

$F_{\text{м}}$ – Площа, яку займає об'єкт ремонту, м².

η – Коефіцієнт робочої зони, який враховує необхідність улаштування про-ходів і забезпечення зручного доступу до обладнання та об'єкта ремонту (приймаємо $\eta = 3,0$).

$$F_{\text{заг}} = (50,15 + 42,9)3,0 = 279,15 \text{ м}^2$$

З урахуванням кроку колон приймаємо площу 288 м².

1.6.1 Обчислення системи штучного освітлення

До штучного освітлення висувають такі основні вимоги: забезпечення достатнього рівня освітленості робочого місця, стабільність освітлення впродовж усього часу роботи, а також відсутність значних перепадів яскравості на окремих ділянках робочої зони.

Для гальванічної ділянки передбачається використання як природного, так і штучного освітлення. Мінімально допустимий рівень природної освітленості приймається на рівні 1,5 %.

Штучне освітлення забезпечується лампами розжарювання БК-215, для яких величина світлового потоку становить 1500 лм, а нормативна мінімальна освітленість від штучного освітлення має бути не меншою ніж 250 лк.

Визначимо кількість ламп, необхідних для освітлення пункту технічного

обслуговування.

Розрахунок виконуємо методом світлового потоку:

$$N_n = \frac{E_{min} \cdot S_n \cdot K \cdot Z}{F_{\lambda} \cdot \eta_u} \quad (1.36)$$

E_{min} — мінімальна освітленість у приміщенні, що перевіряється, створювана штучним освітленням, лк;

S_n — площа приміщення, $S_n = 288 \text{ м}^2$;

Z — поправковий коефіцієнт;

F_{λ} — світловий потік однієї лампи, лм.

η_u — коефіцієнт використання освітлювальної установки, $\eta_u = 0,54$;

K — коефіцієнт запасу, який враховує зниження рівня освітленості в процесі експлуатації виробничого приміщення з часом:

$$N_n = \frac{150 \cdot 288 \cdot 1,3 \cdot 0,78}{1500 \cdot 0,54} = 54,08 \text{ шт}$$

Приймаємо 54 лампи.

1.6.2 Обчислення показників природного освітлення

Загальна світлова площа віконних прорізів ділянки становитиме:

$$F_{ок} = F_{п} \cdot \alpha \quad (1.37)$$

де $F_{п}$ — Площа підлоги ділянки, м^2 ;

α — світловий коефіцієнт становить 0,20 ... 0,35.

$$F_{ок} = 288 \cdot 0,20 = 57,6 \text{ м}^2$$

Для визначення кількості вікон, які необхідно встановити в приміщенні, спочатку слід обчислити площу одного вікна.

Визначення площі одного вікна:

$$F_{ок1} = b \cdot h \quad (1.38)$$

де b — ширина вікна, м, $b = 1,6 \text{ м}$;

h — висота вікна, м, $h = 1,8 \text{ м}$.

$$F_{ок1} = 1,6 \cdot 1,8 = 2,9 \text{ м}^2$$

Визначення кількості вікон:

$$n_o = \frac{F_{ок}}{F_{ок1}} \quad (1.39)$$

$$n_o = \frac{57,6}{2,9} = 19,8 \text{ шт. приймаємо } 20 \text{ шт.}$$

1.6.3 Обчислення показників вентиляції

Під час розрахунку штучної вентиляції насамперед визначають потрібний повітрообмін, після чого підбирають вентилятор і відповідний електродвигун. На основі об'єму приміщення та кратності оновлення повітря встановлюють необхідну продуктивність вентиляційної системи:

$$W_B = V_{\text{діл}} \cdot K \quad (1.40)$$

де $V_{\text{діл}}$ – об'єм дільниці, м^3 ;

K – кратність повітрообміну, год^{-1} .

Значення коефіцієнта кратності повітрообміну приймають залежно від характеру робіт, що виконуються на дільниці, у межах 3...6.

Визначення об'єму дільниці:

$$V_{\text{діл}} = F_{\text{П}} \cdot h_{\text{діл}} \quad (1.41)$$

де $h_{\text{діл}}$ – висота стелі на дільниці, м; приймаємо 4,5 м.

Після визначення продуктивності вентиляційної установки підбирають тип і номер вентилятора, які відповідають розрахунковим параметрам повітрообміну.

Потужність електродвигуна для приводу вентилятора визначають за формулою:

$$N_B = \frac{Q_B \cdot H_B \cdot K_3}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_B \cdot \eta_{\text{П}}} \quad (1.42)$$

де Q_B – продуктивність одного вентилятора, $\text{м}^3/\text{год}$;

H_B – напір вентилятора, Па;

K_3 – коефіцієнт запасу (для відцентрових вентиляторів приймається за нормативними рекомендаціями);

η_B – коефіцієнт корисної дії вентилятора;

$\eta_{\text{П}}$ – коефіцієнт корисної дії передачі (для клинопасової передачі приймають 0,95).

За отриманим значенням потрібної потужності здійснюють підбір електродвигуна відповідної потужності:

$$W_B = 1296,0 \cdot 3 = 3888,0 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V_{\text{діл}} = 4,5 \cdot 288 = 1296,0 \text{ м}^3$$

Приймаємо вентилятор типу КЦ3-90, номер 5. Після вибору типу та номера вентилятора переходимо до визначення необхідної потужності електродвигуна, який забезпечуватиме його привід.

Визначимо потужність електродвигуна:

$$N_B = \frac{5000 \cdot 260 \cdot 1,3}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,5 \cdot 0,95} = 0,98 \text{ кВт}$$

Приймаємо електродвигун типу 4А80В4.

2. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування доцільності ремонту корпусних деталей тракторів і автомобілів

Як уже зазначалося під час аналізу діяльності підприємства, у ремонтній майстерні виконують технічне обслуговування та ремонт автомобілів і тракторів.

У процесі експлуатації корпуси основних силових агрегатів, зокрема двигуна, коробки передач і вузлів ходової частини, багаторазово зазнають температурних перепадів, ударних впливів і значних механічних навантажень. Саме корпусні деталі фактично є базовими елементами будь-якого агрегату й машини загалом. Наприклад, корпус коробки передач слугує основою для кріплення первинного, вторинного та проміжного валів, а всередині нього розміщуються зубчасті колеса, вали-шестерні, напрямні елементи, куліса та інші складові механізму. Кожен із цих вузлів у процесі роботи сприймає навантаження, тому на корпус коробки передач діють значні сили, що постійно змінюються за величиною і напрямком. Отже, корпус повинен мати достатню жорсткість, щоб не втрачати форму та не деформуватися під дією робочих зусиль.

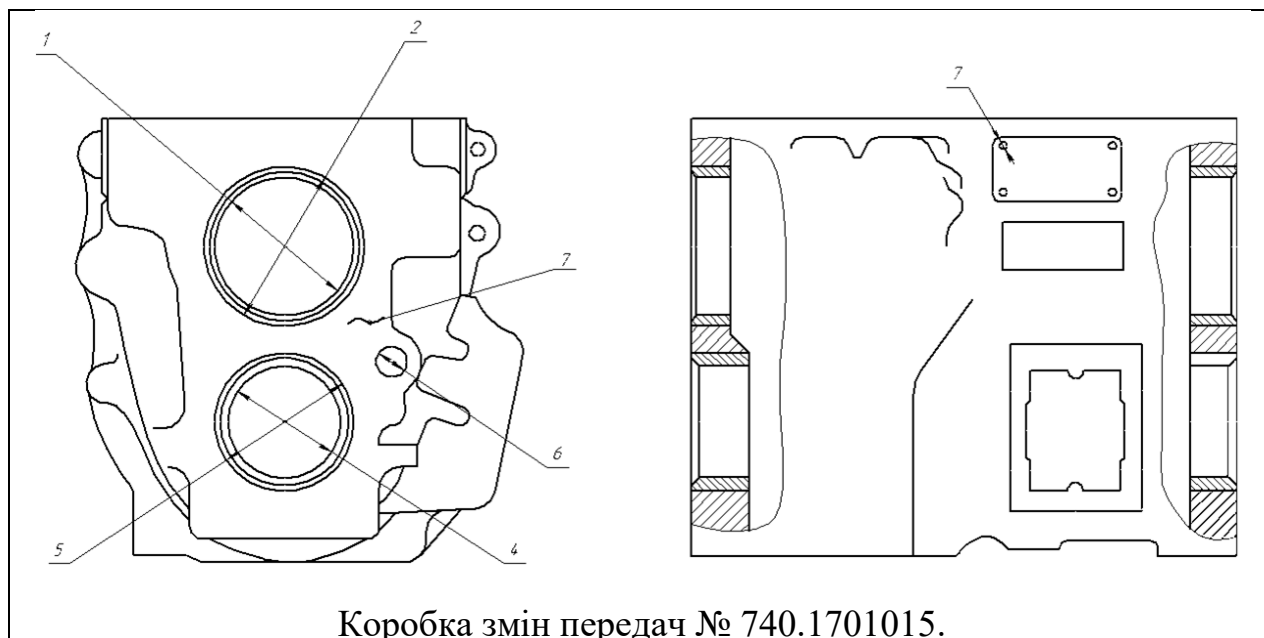
Перелік можливих дефектів корпусних деталей є досить широким і не обмежується лише тріщинами або пошкодженням різьби. Одним із найпоширеніших видів зношування є спрацювання посадкових отворів під стакани чи кулькові підшипники. Такий дефект, як правило, спричиняє збільшення биття вала, порушення співвісності зубчастого зачеплення та появу вібрацій усього агрегату. До менш поширених, але також небезпечних пошкоджень належать тріщини на поверхні корпусу. Іноді їх виникнення пов'язане з недосконалістю структури металу, що свідчить про порушення технології виготовлення деталі.

З огляду на те, що на практиці дедалі частіше трапляються корпусні деталі зі спрацюванням посадкових і опорних поверхонь, доцільно організувати їх відновлення безпосередньо в умовах ремонтної майстерні підприємства.

Визначити точну програму ремонту лише корпусних деталей тракторів і автомобілів досить складно. У більшості випадків зношування та дефекти таких деталей можна виявити тільки під час капітального ремонту, коли агрегати вже демонтовано з машини та розібрано на окремі складові. Практика показує, що близько 80 % корпусних деталей мають ті чи інші пошкодження і потребують ремонту. Тому для умовного визначення програми ремонту приймаємо, що під час кожного поточного ремонту

автомобіля або трактора обов'язково виконується ремонт чи відновлення однієї корпусної деталі. Це може бути блок циліндрів, корпус коробки передач, заднього моста, роздавальної коробки або інший подібний елемент.

2.1.1 Вихідні дані



Матеріал	Маса, кг	Кількість деталей на виріб, прим.	Коефіцієнт ремонту, K_p
Чавун СЧ 21 ГОСТ 1412-74	33	1	0,05
Номер дефекту за ескізом	Найменування дефекту		
1	Зношування поверхні під підшипники до розміру більше 104 мм		
2	Зношування під склянку підшипника більше 120 мм		
3	Тріщина у перемичках між опорами		
4	Зношування поверхні під підшипники більше 82 мм		
5	Зношування під склянку підшипника більше 100 мм		
6	Тріщини на корпусі понад 5 мм		
7	Зрив різьблення М8 під шпильки насоса		

2.1.2 Умови роботи деталі та основні навантаження

Корпус коробки передач автомобіля КамАЗ-740 виготовлений із сірого чавуну та є основною несівною базовою деталлю трансмісії. У цьому корпусі розміщуються й закріплюються складні вузли та елементи механізму, зокрема вали, шестерні, зубчасті колеса та інші деталі приводу.

Корпус коробки передач функціонує в умовах значних ударних навантажень і постійних вібрацій. Крім того, він виконує роль опори для трьох основних валів — первинного, вторинного та проміжного. Спирання валів на корпус здійснюється через кулькові підшипники, що забезпечують їхнє точне розміщення та надійну роботу в процесі експлуатації.

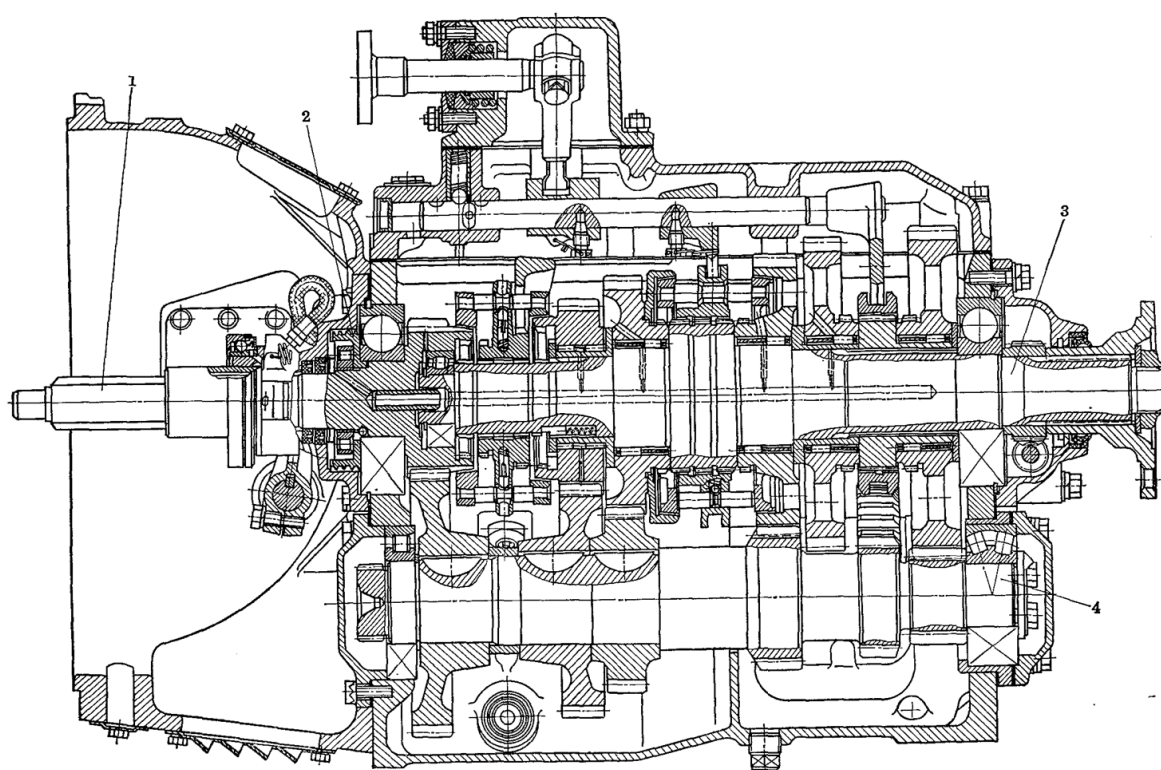


Рисунок 2.1 – Коробка передач автомобіля КамАЗ-4310:

1 — первинний вал; 2 — масловідбивне кільце; 3 — вторинний вал; 4 — проміжний вал.

2.2 Вибір і обґрунтування способу відновлення корпусу коробки передач

Раціональний спосіб відновлення обирають з урахуванням трьох основних критеріїв: технологічного, технічного та техніко-економічного. Технологічний критерій дає змогу встановити принципову можливість застосування того чи іншого способу до конкретної поверхні, технічний — оцінити довговічність відновленої деталі, а техніко-економічний — визначити загальну доцільність використання методу з погляду продуктивності та витрат.

За критерієм технологічної придатності для відновлення даної поверхні можуть бути використані кілька способів: застосування полімерних матеріалів, нанесення гальванічних покриттів, наплавлення, металізація, а також електроконтактне приварювання присадкових матеріалів. Аналіз характеру зношування поверхонь 1, 2, 4

і 5 свідчить про те, що вони є посадковими місцями під підшипники кочення та їх стакани. У процесі роботи деталь зазнає нерівномірного обертання: в окремі моменти вона рухається, а в інші — різко або поступово зупиняється. Саме така змінність режимів роботи спричиняє поступове спрацювання поверхонь під роликові підшипники.

Відповідно до карти дефектації та ескізу деталі величина зносу становить близько 0,8 мм. За таких умов доцільно застосувати спосіб відновлення, який забезпечує мінімальне зняття металу під час подальшої механічної обробки. Із попередньо розглянутих варіантів найбільш придатним за цим показником є електроконтактне наплавлення або приварювання присадкового матеріалу, оскільки цей метод дає змогу сформувати необхідний розмір поверхні з незначними втратами металу на стружку. Інші способи також можуть бути використані, однак вони, як правило, супроводжуються більшими втратами матеріалу та підвищеною трудомісткістю.

Під час вибору способу відновлення важливо також враховувати його вплив на експлуатаційні властивості деталі. Необхідно забезпечити зменшення ризику повторного інтенсивного зношування, підвищення твердості робочої поверхні та недопущення появи надмірних напружень на ступенях і торцях. Результати науково-експериментальних досліджень, проведених на кафедрі технології металів і ремонту машин, свідчать, що використання як присадкового матеріалу чавунного порошку СЧ-18, отриманого подрібненням циліндричної деталі із сірого чавуну цієї марки на токарному верстаті, дає змогу отримати покриття з необхідними властивостями. Крім того, продуктивність такого процесу на 25–30 % вища порівняно з іншими видами наплавлення, а також відпадає потреба у видаленні шлаку після виконання операції.

Проектування технологічного процесу відновлення передбачає розроблення комплексу документації, до якого входять карта ескізів, маршрутна карта та операційна карта на окрему операцію. Після попереднього відбору способів за критерієм придатності для подальшого аналізу залишено два основних варіанти: вібродугове наплавлення та електроконтактне наплавлення сталеві стрічки.

Технічний критерій оцінюють за коефіцієнтом довговічності, який являє собою відношення ресурсу відновленої деталі до ресурсу нової. Для електроконтактного наплавлення сталеві стрічки коефіцієнт довговічності становить 0,8...1,0, тоді як для вібродугового наплавлення він дорівнює 0,62. Отже, за показником довговічності

перевагу має саме електроконтактний спосіб.

Остаточний вибір здійснюють за техніко-економічним критерієм, який враховує продуктивність і економічність процесу відновлення. Для аналізованих способів значення коефіцієнта техніко-економічної ефективності становить: для електроконтактного наплавлення сталевій стрічки — 0,3, для вібродугового наплавлення — 0,314. Ефективнішим вважається той спосіб, для якого значення цього коефіцієнта є меншим.

Таким чином, з урахуванням технологічного, технічного та техніко-економічного критеріїв найбільш доцільним способом відновлення даної деталі є електроконтактне наплавлення, яке забезпечує потрібну якість поверхні, достатню довговічність і високу економічну ефективність.

2.3 Розрахунок режимів електроконтактного приварювання

Основний час на виконання наплавлювальних робіт методом електроконтактного приварювання, так само як і при наплавленні під шаром флюсу, визначають за відповідною розрахунковою формулою:

$$T_0 = \frac{\pi \cdot d \cdot l}{1000 \cdot V_H \cdot S} \quad (2.1)$$

де d — діаметр деталі, 120 мм;

l — довжина поверхні, що наплавляється, 30 мм (визначена шляхом вимірювання);

V_H — швидкість наплавлення, м/год;

S — крок наплавлення, або поздовжня подача електродів під час приварювання.

При відновленні деталей на стандартних стендах для електроконтактного приварювання величина кроку перебуває в межах 1,95...12 мм/об. У цьому випадку приймаємо мінімальне значення, оскільки воно дає змогу сформувати найбільш міцний шар металу.

Швидкість наплавлення визначають за формулою:

$$V_H = \frac{\alpha_H \cdot I}{(h \cdot S \cdot \gamma)} \quad (2.2)$$

де α_H — коефіцієнт наплавлення, г/А·год;

I — струм наплавлення, А; приймається в межах 10...12 кА;

h — товщина шару, що наплавляється, мм;

γ — густина матеріалу електродного дроту, г/см³. Оскільки в даному випадку

деталь виготовлена із сірого чавуну, як присадковий матеріал доцільно використовувати порошок СЧ-18, густина якого становить $7,83 \text{ г/см}^3$.

Товщина покриття, яке наносять на внутрішні поверхні, орієнтовно становить $h = 0,8 \text{ мм}$.

Визначимо швидкість наплавлення:

$$V_H = \frac{10 \cdot 10000}{(0,8 \cdot 1,95 \cdot 7800)} = 8,21 \text{ м/год}$$

Основний час на виконання наплавлювальних робіт визначають за прийнятою розрахунковою залежністю з урахуванням геометричних розмірів деталі, кроку наплавлення та встановленої швидкості виконання процесу:

$$T_0 = \frac{3,14 \cdot 120 \cdot 30}{1000 \cdot 8,21 \cdot 1,95} = 0,7 \text{ год} \approx 42 \text{ хв}$$

Штучний час розраховується за формулою:

$$T_{\text{шт}} = T_0 + T_{\text{в}} + T_{\text{дод}} \quad (2.3)$$

$T_{\text{в}}$ — допоміжний час наплавлення. У навчальних розрахунках для механізованих способів наплавлення його, як правило, приймають у межах 2 – 4 хв.

$T_{\text{дод}}$ — додатковий час, який визначають за відповідною розрахунковою формулою:

$$T_{\text{дод}} = \frac{(T_0 + T_{\text{вс}}) \cdot K}{100} \quad (2.4)$$

де $K = 10 - 14 \%$ — коефіцієнт, який враховує частку додаткового часу від суми основного та допоміжного часу.

Штучно-калькуляційний час — це повна норма часу на виконання однієї операції, яка включає штучний час і частку підготовчо-завершального часу, віднесено до однієї деталі або одиниці роботи.

$$T_{\text{шк}} = (T_{\text{шт}} + T_{\text{пз}})/n \quad (2.5)$$

де n — кількість деталей у партії;

$T_{\text{пз}}$ — підготовчо-завершальний час, який у розрахунках приймають у межах 16–20 хв.

$$T_{\text{шт}} = 42 + 3 + 4,5 = 49,5 \text{ хв}$$

$$T_{\text{дод}} = \frac{(42+3)10}{100} = 4,5 \text{ хв}$$

$$T_{\text{шк}} = \frac{49,5+18}{10} = 6,75 \text{ хв}$$

2.3.1 Складання маршрутної карти відновлення деталі

Маршрутну карту відновлення деталі складають з урахуванням можливих дефектів, виявлених під час дефектації. Вихідними даними для її розроблення є карта ескізів деталі, схема обраного раціонального способу відновлення, а також відомості, необхідні для підбору обладнання, пристроїв і робочого інструменту. Крім того, під час складання маршрутної карти враховують розряд виконуваної роботи та встановлені норми часу на окремі операції.

2.3.2 Складання операційної карти

Операційну карту розробляють на основну технологічну операцію. До її змісту включають усі відомості, необхідні виконавцю для правильного та повного виконання роботи: дані про застосовуване обладнання, пристрої, інструмент, а також послідовність і зміст окремих переходів операції.

2.4 Обґрунтування необхідності розроблення конструкції пристосування

Відновлення деталей типу тіл обертання запропонованим способом, як правило, характеризується рядом важливих параметрів процесу, до яких належать тиск, сила зварювального струму, величина імпульсу струму, спікливість, пресованість, електропровідність, щільність матеріалу, а також умови приварювання наплавленого порошку. Під час відновлення внутрішніх циліндричних поверхонь методом контактного приварювання порошкових матеріалів виникають дві основні проблеми.

Перша проблема полягає в ускладненій подачі порошкових матеріалів. Одним із суттєвих недоліків приварювання порошку на роликівих контактних машинах є складність подачі та надійного утримання присадкового матеріалу в зоні наплавлення, а також недостатня зручність регулювання самого процесу. Особливо це проявляється під час відновлення внутрішніх циліндричних поверхонь. Унаслідок цього відбувається розбризкування та висипання порошку, що спричиняє значні втрати присадкового матеріалу. Це, своєю чергою, негативно впливає як на якість сформованої поверхні, так і на собівартість відновлення. Отже, важливим завданням є зменшення втрат порошкового матеріалу до мінімуму та забезпечення його максимально ефективного використання для отримання необхідних параметрів поверхні.

Друга проблема пов'язана з відсутністю в ремонтному виробництві спеціальних установок, призначених для контактного приварювання порошкових матеріалів на

внутрішні зношені поверхні невеликих діаметрів. На сьогодні існують установки для контактної приварювання присадкових матеріалів до внутрішніх циліндричних поверхонь, конструкція яких передбачає використання двох роликів. Таке обладнання дає змогу відновлювати порожнисті деталі зі зносом до 1,5 мм або посадкові отвори корпусних деталей з мінімальним діаметром близько 200 мм.

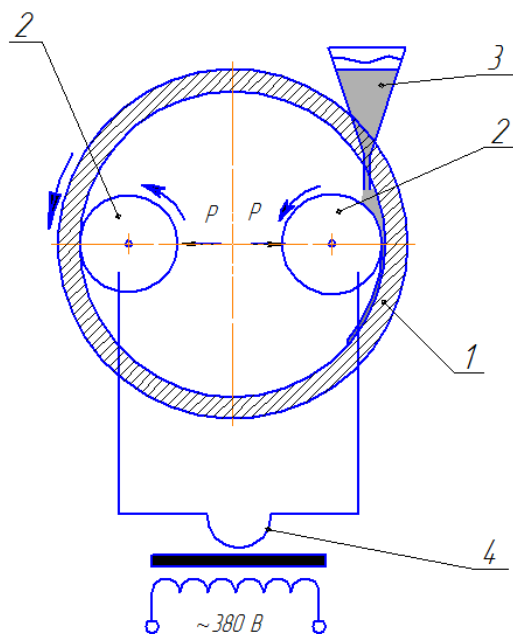


Рисунок 2.2 – Схема двороликової установки для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів:

1 — деталь; 2 — ролики; 3 — порошковий бункер; 4 — джерело зварювального струму.

Для розв'язання першої проблеми, а саме зменшення втрат порошку та підвищення якості наплавленого шару під час приварювання феромагнітних порошків, застосовують різноманітні пристрої у вигляді насадок, розміщених поблизу електрода, пресформ, а також спеціальні способи сумісного приварювання порошку з дротом, порошку із сіткою, порошково-полімерними стрічками тощо. Проведені дослідження показали, що використання таких рішень дійсно дає змогу істотно зменшити витрату порошкового матеріалу. Однак водночас це нерідко супроводжується погіршенням якості наплавленої поверхні або потребує застосування установок із внутрішнім охолодженням контактних роликів, а також використання дорогих легованих порошків як присадкового матеріалу.

Зниження втрат порошку можна забезпечити шляхом його механічного утримання за умови вертикального розташування роликів і, відповідно, осі

відновлюваного отвору.

Для усунення другої проблеми доцільно розробити установку для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів з одним роликом, яка давала б можливість наплавляти порошок на поверхні з діаметром менше 200 мм. При цьому і ролик, і отвір деталі пропонується розмістити у вертикальному положенні.

З огляду на це вважаємо за необхідне створити пристрій, який під час відновлення деталей типу вал методом електроконтактного приварювання металевого порошку забезпечував би максимально повне використання присадкового матеріалу, формування поверхні з потрібними якісними показниками та можливість застосування недорогих порошкових матеріалів.

Далі доцільно виконати аналіз основних способів відновлення отворів у корпусних деталях.

2.5 Аналіз існуючих способів відновлення та конструкцій

1. Спосіб проточного та електроконтактного залізнення

Для здійснення проточного та електроконтактного осадження сплаву залізо–цинк було розроблено спеціальний анодний пристрій (рисунок 2.3), за допомогою якого в гніздах опор корінних підшипників утворюються мікрованни з обертовим анодом-тампоном. До складу цього пристрою входять порожнистий вал 8, анод 7, тампон 6 та підшипник-ущільнювач. Останній виконаний у вигляді двох втулок 1 і 3, які з'єднані між собою гайкою 2. Втулки оснащені ущільнювальними кільцями 4 та саморухомими сальниками 5.

Для підтримання необхідного рівня електроліту в мікрованні у нижніх втулках передбачено два отвори: один призначений для подавання розчину з верхнього бака, а другий — для відведення електроліту в нижній бак у разі переповнення.

Аноди 7 виконані у вигляді кілець з алюмінієвого сплаву, які нерухомо закріплюються на валу. На поверхні анода встановлено тампон 6, що має форму круглої щітки, виготовленої з капронових ниток. Для відведення електроліту в порожнистому валу просвердлено отвір діаметром 4 мм, який і визначає витрату електроліту через ванну.

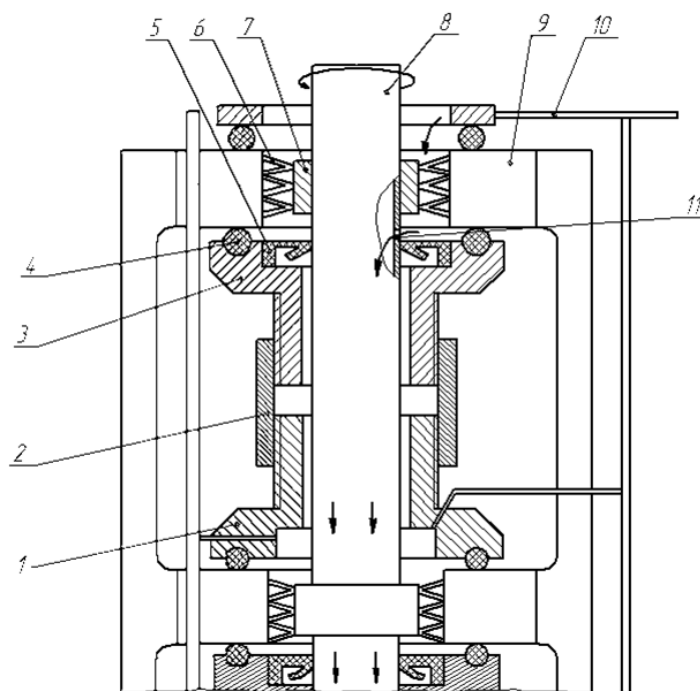


Рисунок 2.3 – Схема анодного пристрою для відновлення гнізд під підшипники електроконтактним способом:

1, 3 — втулки підшипника; 2 — гайка; 4 — ущільнювальне кільце; 5 — сальник; 6 — тампон; 7 — анод; 8 — порожнистий вал; 9 — блок циліндрів; 10 — гумова трубка; 11 — електроліт.

У підготовлені отвори блока циліндрів анодний пристрій встановлюють аналогічно до встановлення колінчастого вала. Після монтажу кільце вал з'єднують муфтою з приводним редуктором, а також підключають до електричної шини через струмознімач. Процес нанесення покриття здійснюють у такій послідовності: спочатку вмикають привід вала, далі подають електроліт і регулюють його витрату через ванну, після чого підключають електричний струм і проводять електроліз протягом заданого часу.

Покриття, отримане після осадження, характеризується високими механічними властивостями та достатньо міцним зчепленням з основним металом. Водночас зазначена технологія є досить складною у виконанні та не належить до екологічно безпечних.

2. Спосіб відновлення деталей наплавленням порошкових матеріалів на робочі поверхні корпусних деталей

Роликова зварювальна машина призначена для відновлення та зміцнення робочих поверхонь отворів у корпусних деталях шляхом наплавлення порошкових покриттів.

Конструкцію такої машини наведено на рисунку 2.4.

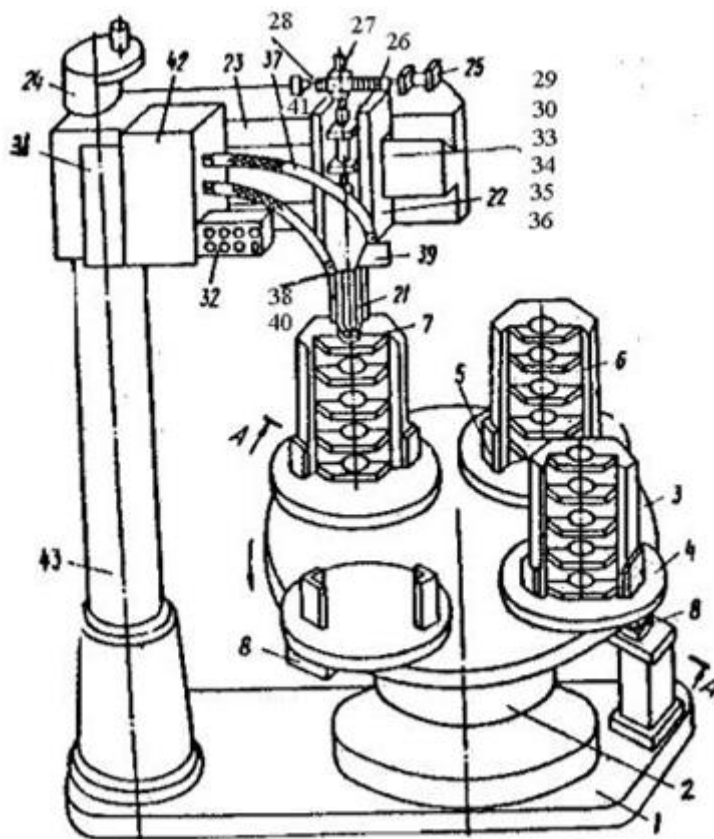


Рисунок 2.4 – Схема установки для відновлення наплавленням порошкових матеріалів

Зварювальна машина містить основу у вигляді плити 1, на якій закріплено корпус 2 роторного багатопозиційного стола 3. У кожній позиції цього стола розміщені поворотні столики 4, на які за допомогою пристроїв 5 установлюють і закріплюють вироби 6 з поверхнями 7, що підлягають відновленню методом наплавлення. На столі 3 також змонтовано упори 8 та регулювальні гвинти 9. Кількість упорів 8 відповідає кількості позицій стола 3. Електромагніт 10 з рухомим штоком 11 нерухомо закріплений на плиті 1.

Поворот роторного стола 3 здійснюється за допомогою електродвигуна 12, вал якого з'єднується з валом 13 через фрикційну муфту 14. У позиції наплавлення поворотний позиційний столик 4 обертається зі зварювальною швидкістю від вала 15 через муфту 16, яка входить у зачеплення з рухомою муфтою 17. У робочій позиції зварювання крутний момент на столик 4 передається від окремого електропривода за допомогою ланцюгової передачі 18. Цей електропривод жорстко встановлюється на плиті 1.

Увімкнення та вимкнення зазначеного електропривода, а також електромагнітного пристрою зчеплення 19, здійснюється кінцевим вимикачем 20 під час його

взаємодії з відповідним упором 8.

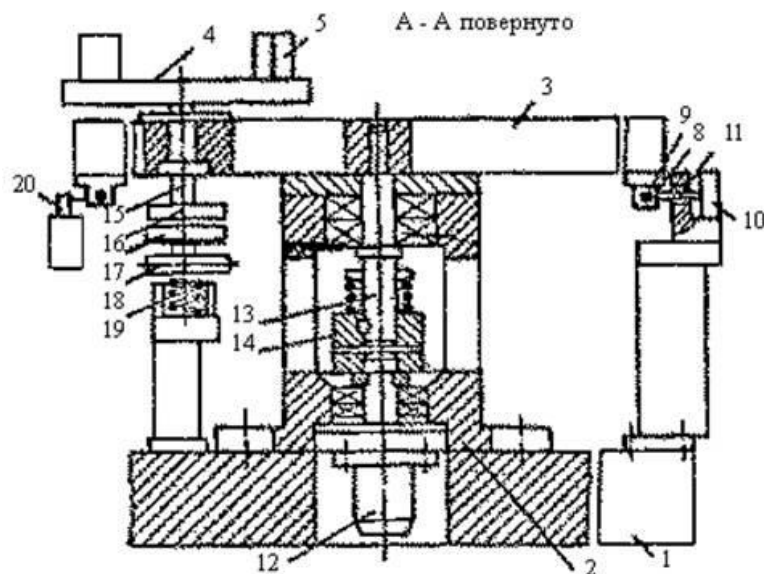


Рисунок 2.5 – Розріз А-А (див. рисунок 2.4).

Роликові кліщі 21 встановлені в супорті 22 у вертикальному положенні та мають можливість переміщуватися вгору і вниз. Їх вертикальне переміщення донизу може здійснюватися разом із консоллю 23 від привода 24 під час налагодження машини, а також за допомогою пневмопривода 25. Останній з'єднаний із зубчастою рейкою 26 через шестерню 27, розміщену в корпусі 28 і пов'язану з храповим механізмом. У шестерні 27 виконано різьбовий отвір, крізь який проходить гвинт 29, з'єднаний із корпусом кліщів 30. Переміщення корпусу кліщів 30 відбувається по напрямних супорта 22. Керування пневмоприводом 25 здійснюється від реле часу блока керування 31 в автоматичному режимі або вручну з кнопкового пульта 32 у налагоджувальному режимі.

На корпусі кліщів 30 закріплено пневмопривод 33, оснащений клиновим механізмом для створення зусилля стискання роликів 34, які разом із фігурними повзунами 35 установлені на ребристих електродотримачах 36. Пневмопривод кліщів 33 у автоматичному режимі керується електропневматичним клапаном, живлення на обмотки якого подається від реле часу регулятора циклу зварювання РСЦ-503, розташованого в блоці керування 31. Підведення зварювального струму до кліщів здійснюється через гнучкі шини 37, з'єднані зі струмопідводами 38, закріпленими на ребристих електродотримачах 36. На корпусі кліщів 30 також встановлено шнековий живильник 39, який містить бункер для порошку, корпус, шнек, дві трубки для подачі порошку в зону наплавлення та електропривод шнека.

Увімкнення та вимкнення живлення електродвигуна шнекового живильника в автоматичному режимі здійснюється за допомогою реле, розміщеного в блоці керування 31, який зблокований із регулятором циклу зварювання РСЦ-503. Регульований упор 41 обмежує переміщення рейки 26 і хід кліщів униз, що визначає їх подачу на заданий крок у процесі наплавлення деталі. Супорт 22 разом із кліщами 21 може вручну переміщуватися вздовж напрямних консолі 23 та фіксуватися в потрібному положенні пружинним пальцевим фіксатором. Це переміщення використовується лише під час налагодження, а в автоматизованому режимі не здійснюється. На консолі 23 також установлені зварювальний трансформатор 42, кнопковий пульт керування 32 і блок автоматичного керування 31. Зварювальний трансформатор 42 підводить струм до кліщів 21 через гнучкі шини 37.

Блок автоматичного керування 31 об'єднує зварювальний контактор, перемикач ступенів потужності зварювального трансформатора, переривач циклу зварювання, реле часу, електричні контакти та інші елементи автоматики. Консоль 23 разом із супортом 22, зварювальним трансформатором 42, пультом 32 і блоком керування 31 може повертатися разом із колоною 43 на 360° у підшипнику цоколя колони та закріплюватися в необхідному положенні хомутом гідравлічного затискача, що працює від індивідуального електропривода 24. За його допомогою також здійснюється переміщення консолі 23 вгору і вниз уздовж вертикальної осі колони 43. Обидва ці переміщення є налагоджувальними та виконуються натисканням кнопок на пульті керування 32. В автоматизованому режимі вони не використовуються.

Електропривод 24, з'єднаний із гвинтовою парою, забезпечує відтискання на початку ходу, переміщення на задану величину та затискання в кінці ходу консолі 23. Його вмикання здійснюється кнопкою «Пуск» на пульті керування 32, а вимикання — реле, розташованим у блоці керування 31, яке підключене до контактів реле часу «Пауза» регулятора циклу зварювання типу РСЦ-503. Порошок, що наплавляється на поверхню 7, подається з живильника через трубки 40. Робочий шар порошку формується у порожнинах напіввідкритих прес-форм, які утворюються стінками отворів деталі 6, фігурними повзунами 35 та роликами 34, закріпленими на кінцях ребристих електродотримачів 36 за допомогою шайб і гайок. Повзуни 35, виготовлені з азбестоцементу, притискаються до поверхонь 7, що наплавляються, пружинними механізмами, до складу яких входять штифти, пружини та регульовальні гвинти. На

одному з повзунів 35 встановлено мікрровимикач, який розмикає коло керування автоматичним переміщенням зварювальних кліщів.

Порівняно з відомими конструкціями дана машина відрізняється тим, що пристрій для встановлення деталей виконано у вигляді багатопозиційного поворотного стола з приводом обертання та упорами, розміщеними по колу стола на кожній позиції кріплення деталей. Машина також оснащена встановленим на консолі шнековим живильником порошкового матеріалу, пневмоприводом вертикального переміщення живильника і кліщів, фігурними повзунами, змонтованими на осях електродотримачів, радіально підпружиненими відносно них і виготовленими з жаростійкого діелектрика з внутрішньою порожниною для розміщення роликів і порошкового матеріалу, а також системою автоматично-го керування, пов'язаною з усіма приводами та електрообладнанням. На електродотримачах додатково виконано ребра охолодження. Застосування машини описаної конструкції дало змогу підвищити продуктивність і якість наплавлення завдяки автоматизації процесу, а також розширити номенклатуру деталей, що відновлюються та зміцнюються.

3. Спосіб відновлення посадкових отворів корпусних деталей полімерними матеріалами

Суть цієї технології полягає в нанесенні на зношену, попередньо розточену та знежирену поверхню отвору спеціального полімерного складу, який після тверднення забезпечує відновлення номінального геометричного розміру отвору в корпусі. На рисунку 4.5 наведено схему процесу полімеризації корпусної деталі із застосуванням оправки. Останню виготовляють за 4-м класом точності відповідно до номінального розміру отвору, що відновлюється.

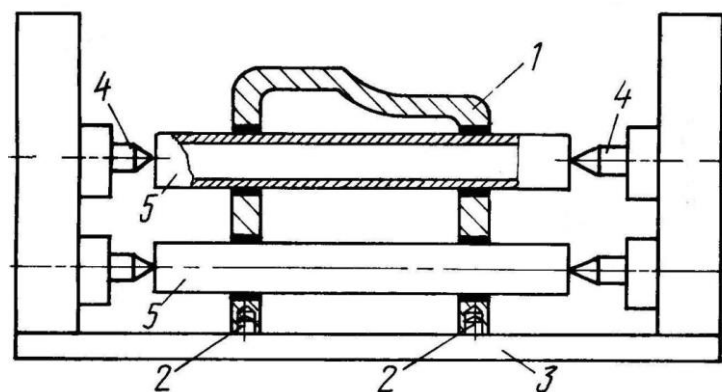


Рисунок 2.6 – Схема відновлення опор корпусних деталей полімерними матеріалами:

1 — деталь, що відновлюється; 2 — кріплення; 3 — основа; 4 — центр; 5 — оправка.

Перед початком відновлення деталей ретельно очищають від забруднень і промивають. Після цього виконують розточування отвору з урахуванням припуску під шар полімерного матеріалу. При цьому обробку доцільно здійснювати у вигляді різьбового профілю, оскільки це сприяє підвищенню міцності зчеплення полімеру з основним матеріалом деталі. Наступними операціями є знежирення поверхні та підготовка полімерної композиції. Завершальним етапом процесу виступає нанесення полімеру з подальшим центруванням оправки відносно осі корпусу та базового отвору.

Зазначений метод є достатньо перспективним і відносно простим у реалізації, оскільки не потребує використання складного спеціалізованого обладнання, а більшість робіт може виконуватися вручну. Разом із тим істотними недоліками цього способу є невисока міцність зчеплення полімерного шару з основою, а також обмежена температурна стійкість матеріалу.

4. Спосіб відновлення посадкових отворів у корпусах із застосуванням додаткової ремонтної деталі

Суть цього способу полягає в тому, що зношену поверхню отвору корпусу попередньо розточують на токарному або розточувальному верстаті з урахуванням припуску під установа ремонтної втулки. Після цього виготовляють ремонтну втулку з того самого матеріалу, що й корпус деталі. Втулка виконується з буртиком, який у подальшому забезпечує її надійну фіксацію в корпусі, а внутрішній діаметр втулки повинен відповідати номінальному розміру відновлюваного отвору.

Закріплення втулки в корпусі здійснюють зварюванням у кількох точках.

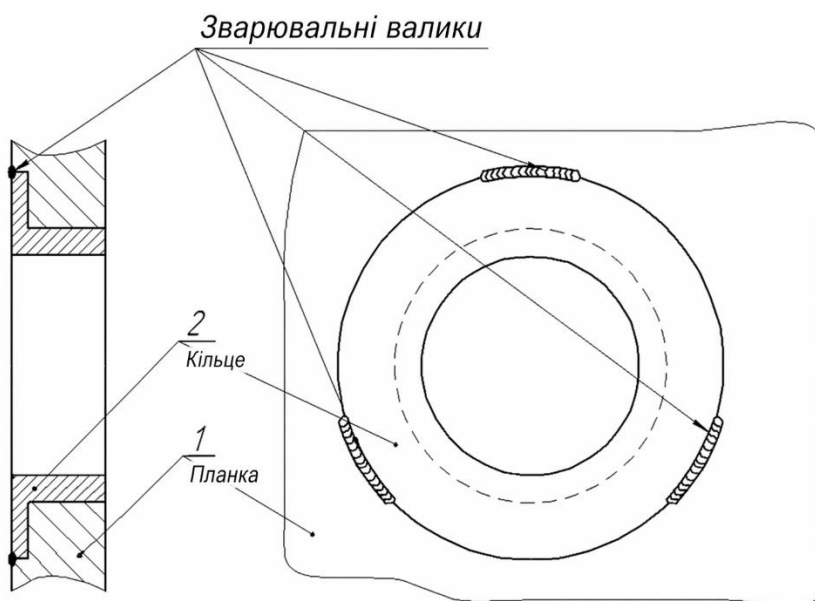


Рисунок 2.7 – Схема відновлення посадкового отвору в корпусі шляхом застосування

додаткової ремонтної деталі (ДРД):

1 — корпус; 2 — ремонтна втулка.

Недоліком цього способу є те, що під час розточування вже зношеного отвору корпусу до більшого діаметра знижується міцність самої корпусної деталі. Особливо це проявляється у випадках, коли конструкцією корпусу передбачено значну кількість виїмок, порожнин і отворів, що додатково послаблюють його жорсткість.

Із усіх розглянутих способів відновлення найбільш доцільним для даного випадку є третій варіант — відновлення методом контактного приварювання порошкових матеріалів. Саме на основі цієї схеми доцільно розробити установку для електроконтактного приварювання порошків на внутрішні циліндричні поверхні корпусних деталей.

2.6 Будова та принцип роботи установки для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів

Стенд працює таким чином. Деталь, що підлягає відновленню, а саме корпус 4, установлюють на стіл 17 стенда одним із отворів, співвісних із зношеним посадковим місцем. Фіксацію корпусу на столі виконують за допомогою чотирьох затискачів 9, механічно загвинчуючи гайки кріплення. Після закріплення деталі здійснюють центрування зварювальної головки відносно зношеного отвору.

Для переміщення хобота 5 та зварювальної головки 7 у вертикальному напрямку використовують рукоятку 1. Під час цього ролик-електрод 12 встановлюють так, щоб його твірна щільно контактувала з поверхнею отвору корпусу 4. Після підготовки присадковий порошок засипають у бункер 6 установки та регулюють положення його живильника 16. Далі за допомогою болта фіксують диск 13 електрода 12, загвинчуючи його до необхідного положення.

Для приварювання порошкового матеріалу до поверхні отвору вмикають привід пневмоциліндра 11, який завдяки створеному тиску притискає ролик до поверхні деталі. Після цього подають зварювальний струм і відкривають подачу порошку з бункера 6. Завдяки тому, що диск 13 має більший діаметр, ніж ролик 12, порошковий матеріал надійно приварюється до поверхні виробу та не обсипається в процесі роботи. Обертання корпусу навколо власної осі забезпечується електродвигуном 18 через редуктор 10.

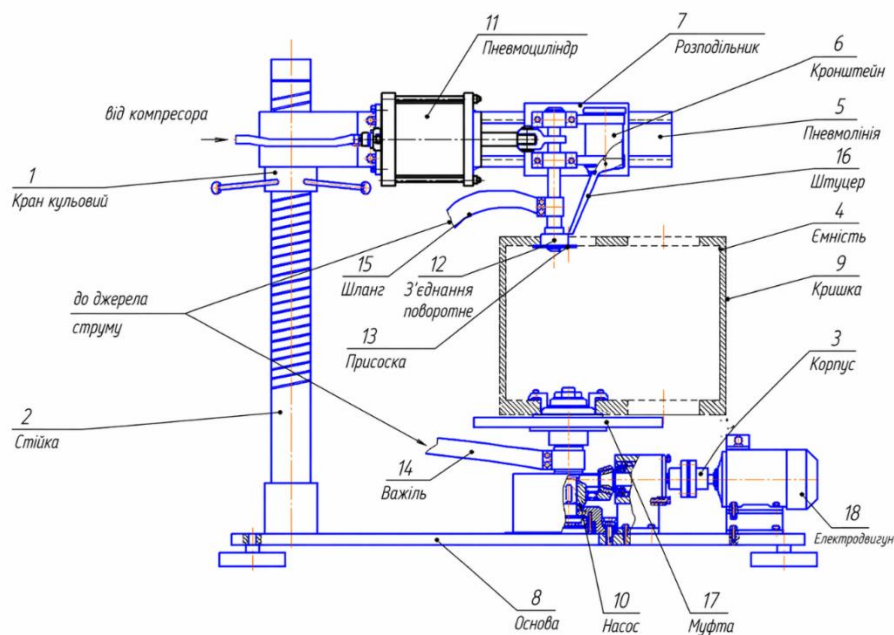


Рисунок 2.8 – Схема установки для електроконтактного приварювання порошко-вих матеріалів:

1 — регулювальний гвинт; 2 — стійка; 3 — муфта; 4 — корпус, що відновлюється; 5 — хобот; 6 — порошковий бункер-дозатор; 7 — зварювальна головка; 8 — ос-нова; 9 — затискачі; 10 — редуктор; 11 — пневмоциліндр; 12 — ролик-електрод; 13 — диск; 14, 15 — струмопроводи; 16 — живильник порошкового дозатора; 17 — стіл; 18 — електродвигун привода.

2.7 Розрахунок вала зварювальної головки

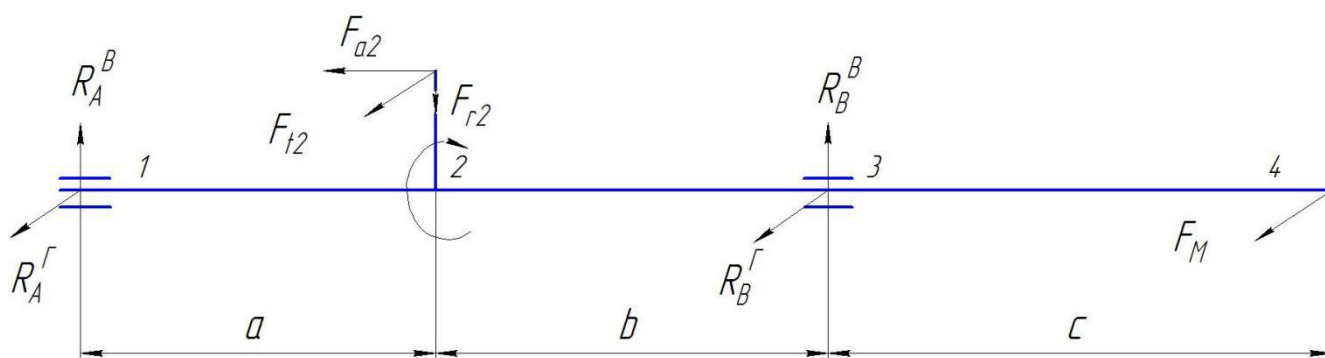


Рисунок 2.9 – Схема розподілу сил і моментів.

$$a = 45\text{мм} \quad b = 48\text{мм} \quad c = 180\text{мм}$$

$$F_{t2} = 3681,7 \text{ Н} \quad F_{a2} = 1073,8 \text{ Н} \quad F_{r2} = 1395,8 \text{ Н} \quad F_M = 4967,0 \text{ Н} \quad d_2 = 221 \text{ мм}$$

Рівняння моментів у вертикальній площині:

$$\Sigma \mathcal{M}_{BB} = 0 \quad R_{AB} \cdot (a + b) - F_{r2} \cdot b - F_{a2} \cdot d_2/2 = 0$$

$$F_{AB} = \frac{F_{r2} \cdot b + F_{a2} \cdot d_2/2}{a + b} = \frac{1396 \cdot 48 + 1074 \cdot 110}{45 + 48} = 1995,4 \text{ Н}$$

$$\Sigma \mathcal{M}_{AB} = 0 \quad R_{BB} \cdot (a + b) - F_{r2} \cdot a + F_{a2} \cdot d_2/2 = 0$$

$$R_{BB} = \frac{F_{r2} \cdot a - F_{a2} \cdot d_2/2}{a + b} = \frac{1396 \cdot 45 - 1074 \cdot 110}{45 + 48} = -599,6 \text{ Н}$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma F_y = 0 \quad R_{AB} + R_{BB} - F_{r2} = 0$$

$$1995,4 + (-599,6) - 1395,8 = 0$$

Рівняння моментів у горизонтальній площині:

$$\Sigma \mathcal{M}_{B\Gamma} = 0 \quad R_{A\Gamma} \cdot (a + b) + F_{t2} \cdot b - F_M \cdot c = 0$$

$$R_{A\Gamma} = \frac{F_M \cdot c - F_{t2} \cdot b}{a + b} = \frac{-3681,7 \cdot 48 + 4967 \cdot 180}{45 + 48} = 7713,3 \text{ Н}$$

$$\Sigma \mathcal{M}_{A\Gamma} = 0 \quad R_{B\Gamma} \cdot (a + b) + F_{t2} \cdot a + F_M \cdot (a + b + c) = 0$$

$$R_{B\Gamma} = -\frac{F_{t2} \cdot a + F_M \cdot (a + b + c)}{a + b} = -\frac{3682 \cdot 45 + 4967 \cdot 273}{45 + 48} = -16362 \text{ Н}$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma F_x = 0 \quad R_{A\Gamma} + R_{B\Gamma} + F_M + F_{t2} = 0$$

$$7713 + (-16362) + 4967 + 3682 = 0$$

Обчислюємо згинальні моменти:

– у вертикальній площині:

$$\mathcal{M}_{1B} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad \mathcal{M}_{2B} = R_{AB} \cdot a = 1995,4 \cdot 0,05 = 89,8 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad \mathcal{M}_{3B} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\mathcal{M}_{4B} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad \mathcal{M}'_{2B} = R_{BB} \cdot b - 599,5 \cdot 0,05 = -28,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

– у горизонтальній площині:

$$\mathcal{M}_{1\Gamma} = 0 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad \mathcal{M}_{2\Gamma} = R_{A\Gamma} \cdot a = 7713,3 \cdot 0,05 = 347,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\mathcal{M}_{3\Gamma} = R_{A\Gamma} \cdot (a + b) + F_{t2} \cdot b = 7713,3 \cdot 0,09 + 3681,7 \cdot 0,05 = 894,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$\mathcal{M}_{4\Gamma} = F_M \cdot c = 4967 \cdot 0,18 = 894,06 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розглядаємо два ймовірно небезпечні перерізи конструкції: переріз С — у зоні під електродом, ослаблений меншим діаметром, та переріз А — поблизу опори вала, ослаблений наявністю галтелі.

Для виготовлення вала приймаємо сталь 45, поліпшену. Для цього матеріалу межа міцності становить $\sigma_B = 750 \text{ МПа}$, а межа текучості — $\sigma_T = 450 \text{ МПа}$.

Коефіцієнт запасу за втомною міцністю визначаємо за відповідною розрахунковою формулою:

$$S = \frac{S_\sigma \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\sigma^2 + S_\tau^2}} \geq [S] \approx 1,5 \quad (2.6)$$

$$S_\sigma = \frac{\sigma_1}{\frac{\sigma_a \cdot K_\sigma + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}{K_d \cdot K_f}} \quad (2.7)$$

$$S_{\tau} = \frac{t_1}{\frac{\sigma_{\tau} \cdot K_{\tau}}{K_d \cdot K_f} + \psi_{\tau} \cdot \sigma_m} \quad (2.8)$$

$$\sigma_1 = 0,4 \cdot \sigma_B = 0,4 \cdot 750 = 300 \text{ МПа}$$

$$t_1 = 0,2 \cdot \sigma_B = 0,2 \cdot 750 = 150 \text{ МПа}$$

$$t_B = 0,6 \cdot \sigma_B = 0,6 \cdot 750 = 450 \text{ МПа}$$

Для перерізу С – згинальний момент становить:

$$\mathcal{M}_c = \sqrt{\mathcal{M}_B^2 + \mathcal{M}_T^2} \quad (2.9)$$

$$\mathcal{M}_c = \sqrt{89,8^2 + 347,1^2} = 358,5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент: $T = 394,74 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Напруження згину визначають за відповідною розрахунковою залежністю, виходячи із значення згинального моменту та геометричних параметрів небезпечного перерізу:

$$\sigma_u = \frac{M}{W_u} = \frac{359 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60^3} = 16,6 \text{ МПа}$$

Напруження кручення визначають за розрахунковою формулою з урахуванням величини крутного моменту та полярного моменту опору перерізу вала:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{395 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 60^3} = 9,1 \text{ МПа}$$

$$K_{\sigma} = 1,7; K_{\tau} = 1,4$$

$$K_d = 0,72; K_f = 1,0$$

Для середньовуглецевої сталі $\psi_{\sigma}=0,1; \psi_{\tau}=0,05$, тоді:

$$S_{\sigma} = \frac{300}{\frac{16,6 \cdot 1,7}{0,72 \cdot 1} + 0} = 7,7$$

$$S_{\tau} = \frac{150}{\frac{4,6 \cdot 1,7}{0,72 \cdot 1,0} + 0,05 \cdot 4,6} = 13,6$$

$$S = \frac{7,7 + 13,6}{\sqrt{7,7^2 + 13,6^2}} = 6,67 > [S] = 1,5$$

Міцність забезпечена.

Для перерізу А – згинальний момент становить:

$$\mathcal{M}_A = \sqrt{\mathcal{M}_A^2 + \mathcal{M}_T^2} = \sqrt{0^2 + 894^2} = 894 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Крутний момент становить: $T = 394,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Напруження згину визначають за відповідною розрахунковою формулою з урахуванням значення згинального моменту в перерізі А та геометричних характеристик цього перерізу:

$$\sigma_i = \frac{M}{W_i} = \frac{894 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55^3} = 53,7 \text{ МПа}$$

Напруження кручення визначають за формулою:

$$\tau = \frac{T}{W_p} = \frac{395 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 55^3} = 11,9 \text{ МПа}$$

Приймаємо радіус галтелі рівним 2 мм; при цьому відношення $r/d = 0,04$, $K_\sigma = 2,0$; $K_\tau = 1,6$, $K_d = 0,72$; $K_f = 1,0$.

Для середньовуглецевої сталі $\psi_\sigma = 0,1$; $\psi_\tau = 0,05$, тоді:

$$S_\sigma = \frac{300}{\frac{57,3 \cdot 2,0}{0,72 \cdot 1} + 0} = 2,0$$

$$S_\tau = \frac{150}{\frac{5,9 \cdot 1,6}{0,72 \cdot 1,0} + 0,05 \cdot 5,9} = 11,1$$

$$S = \frac{2,0 + 11,1}{\sqrt{2,0^2 + 11,1^2}} = 1,98 > [S] = 1,5$$

Міцність забезпечена.

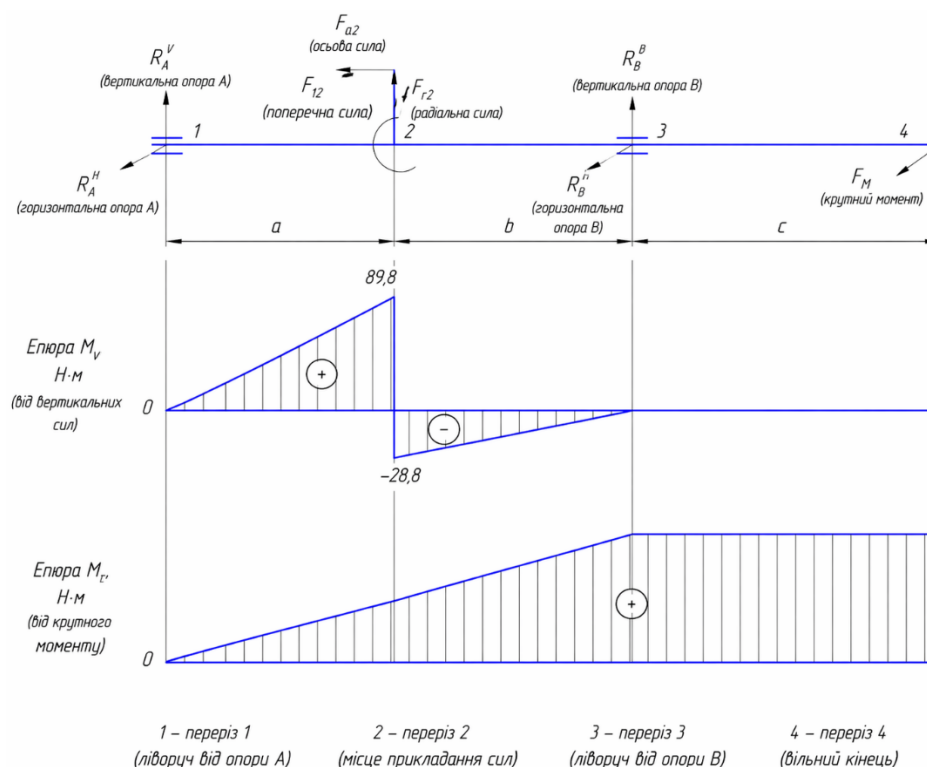


Рисунок 2.10 – Епюра моментів.

2.8 Добір електродвигуна

1. Визначимо потрібну потужність електродвигуна:

$$P_{\Pi} = T_{\text{пр}} \cdot \pi \cdot n / \eta_{\text{муфт}} \cdot \eta_{\text{кон}} \cdot 30 \quad (2.10)$$

де $T_{\text{пр}}$ — приведений момент опору, Н·м;

n — частота обертання на валу барабана, хв⁻¹.

$\eta_{\text{муфт}}$, $\eta_{\text{кон}}$ - коефіцієнти корисної дії відповідно муфти та конічної передачі, які приймають рівними 0,96 і 0,99.

$$T_{\text{пр}} = J_{\text{пр}} \cdot \varepsilon \quad (2.11)$$

де $J_{\text{пр}} = 0,5MR^2$ — приведений момент інерції, кг·м²;

$M = 150$ кг — маса стола, вала та максимально можливо важкого корпусу.

$R = 184$ мм;

$\varepsilon = d\omega/dt = 10,46/1 = 10,46$ с⁻² - Кутове прискорення ;

$$J_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 150 \cdot 0,187^2 = 2,53 \text{ кгм}^2$$

$$T_{\text{пр}} = 2,53 \cdot 10,46 = 26,4638 \text{ Нм}$$

$$P_{\Pi} = 26,46 \cdot \pi \cdot \frac{300}{0,96} \cdot 0,99 \cdot 0,97 \cdot 30 = 901,23 \text{ Вт}$$

Приймаємо електродвигун єдиної серії 4А з такими параметрами: $P_{\text{дв}} = 900$ Вт, ковзання — 12 %, частота обертання $n = 660$ хв⁻¹, ККД — 61 %, $\cos\varphi = 0,65$.

2. Обчислюємо загальне передаточне число та розподіляємо його за окремими ступенями приводу. Отже:

$$u = \frac{n_{\text{дв}}}{u_{\text{вих}}} \quad (2.12)$$

$$u = \frac{660}{300} = 2,2$$

Приймаємо для муфти передаточне число: $u_{\text{муф}} = 2,2$.

Частоти обертання валів визначаємо таким чином:

$$n_{\text{I}} = n_{\text{дв}} = 660 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\text{II}} = \frac{n_{\text{I}}}{u_{\text{муф}}} \quad (2.13)$$

$$n_{\text{II}} = \frac{660}{2,2} = 300 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{\text{вих}} = 300 \text{ хв}^{-1}$$

Швидкість обертання під час контактного приварювання не повинна пере-

вищувати 12 хв^{-1} . Для забезпечення такої умови доцільно використовувати реостат, за допомогою якого регулюють величину струму та, відповідно, ре-жим роботи привода.

Потужності на валах визначаємо за такими залежностями:

$$\begin{aligned} P_I &= P_{\text{дв}} = 0,9 \text{ кВт} \\ P_{II} &= P_I \cdot \eta_{\text{муфт}} \cdot \eta_{\text{кон}} \\ P_{II} &= 0,9 \cdot 0,96 \cdot 0,97 = 0,829 \text{ кВт} \end{aligned} \quad (2.14)$$

Обчислення крутніх моментів на валах проходить за такою формулою:

$$\begin{aligned} T_{\text{дв}} &= T_I = 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}} \\ T_{\text{вих}} &= T_{II} = 9,55 \cdot 10^6 \frac{P_{II}}{n_{II}} \\ T_{\text{дв}} &= 9,55 \cdot 10^6 \frac{0,9}{660} = 0,013 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} \\ T_{\text{вих}} &= 9,55 \cdot 10^6 \frac{0,829}{300} = 0,0264 \cdot 10^6 \text{ Н} \cdot \text{мм} \end{aligned} \quad (2.15)$$

Проектний розрахунок валів проводимо так:

$$\begin{aligned} d &= \sqrt[3]{\frac{T}{0,2[\tau]}} \\ d_{\text{дв}} &= 48 \text{ мм} \\ d_I &= \sqrt[3]{\frac{0,013 \cdot 10^6}{0,2(12 \dots 15)}} = 17,5 \dots 16,5 \text{ мм} \\ d_{II} &= \sqrt[3]{\frac{0,0264 \cdot 10^6}{0,2(12 \dots 15)}} = 22,2 \dots 20,6 \text{ мм} \end{aligned} \quad (2.16)$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Створення безпечних умов праці на виробництві

Організація роботи з охорони праці в умовах підприємства здійснюється відповідно до чинного положення про організацію охорони праці на підприємствах. Загальну відповідальність за стан і належну організацію цієї роботи несе директор господарства. Щороку окремим наказом він покладає обов'язки щодо контролю за охороною праці на головного інженера та керівників виробничих підрозділів. На підприємстві функціонує служба охорони праці, до складу якої входять три профільні спеціалісти.

Відповідно до трудового законодавства, на підприємстві для службовців і провідних спеціалістів встановлено п'ятиденний робочий тиждень. Механіки, водії та слюсарі працюють позмінно. Нормальна тривалість робочого часу становить 40 годин на тиждень, а для працівників, зайнятих на роботах із шкідливими умовами праці, передбачено скорочений робочий тиждень тривалістю 36 годин. Працівникам підприємства щороку надається оплачувана відпустка тривалістю 28 календарних днів.

Навчання працівників з питань охорони праці на підприємстві організоване відповідно до положень про професійну підготовку у цій сфері. Один раз на 2–3 роки спеціалісти з охорони праці проходять підвищення кваліфікації. На підприємстві проводяться всі основні види інструктажів: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий і цільовий. Вступний інструктаж проводить фахівець з охорони праці під час прийняття працівника на роботу. Інші види інструктажів організовують безпосередньо керівники діляниць на робочих місцях. Цільовий інструктаж проводять перед виконанням робіт підвищеної небезпеки, які здійснюються за нарядом-допуском.

В адміністративному приміщенні підприємства обладнано кабінет охорони праці, який укомплектовано наочними матеріалами та нормативно-довідковою літературою.

Усі виробничі об'єкти на території підприємства розташовані з дотриманням санітарно-захисних зон і протипожежних розривів. Територія огорожена парканом, а до будівель і споруд прокладено асфальтовані під'їзди. Опалення всіх об'єктів здійснюється централізовано від власної котельні. В автобусних боксах і ремонтній майстерні передбачено припливно-витяжну вентиляцію. Параметри мікроклімату відповідають установленим нормативним вимогам, як і рівень освітлення у виробничих

приміщеннях.

Працівники підприємства проходять попередні медичні огляди під час прийняття на роботу, а надалі — періодичні медичні огляди у встановлені строки.

На роботах, пов'язаних із забрудненням, працівникам видають мило за встановленою нормою — 400 г на одного працівника на місяць. Для працівників, зайнятих у шкідливих або особливих температурних умовах, передбачено безоплатну видачу спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту відповідно до чинних галузевих норм.

У кожному виробничому приміщенні облаштовано кімнати відпочинку, умивальні та санітарні вузли. На території підприємства відведено спеціальні місця для паління. Крім того, функціонують медичний пункт, їдальня та буфет.

Підприємство повністю підключене до системи оповіщення на випадок пожежі. Контроль за її роботою покладено на начальника зміни, який одночасно очолює пожежно-сторожову охорону. У його підпорядкуванні перебувають черговий водій і двоє сторожів-охоронців. Окрім цього, на підприємстві створено добровільну пожежну дружину. Усі об'єкти забезпечені необхідною кількістю первинних засобів пожежогасіння згідно з установленими нормами. Після завершення робочого дня всі приміщення передаються під охорону сторожам, про що робиться відповідний запис у спеціальному журналі, який зберігається у чергового механіка. За останні п'ять років у господарстві мали місце окремі випадки виробничого травматизму.

У другому розділі дипломного проєкту виконано планувальне рішення майстерні з ремонту автотракторної техніки, при цьому враховано основні нормативні вимоги до планування ремонтно-обслуговувальних підприємств. Розміщення обладнання на плані окремо не передбачалося. Майстерню спроектовано таким чином, щоб переміщення машин, що надходять у ремонт, здійснювалося прямоточним способом через усі виробничі зони.

3.2 Специфіка гарантування безпеки при використанні установки для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів

У третьому розділі цього проєкту розроблено установку для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів на зношені посадкові поверхні отворів у корпусних деталях. Конструкція установки включає стіл, стійку з регульовальним гвинтом, хобот і закріплену на ньому зварювальну головку з пневмоциліндром.

Живлення зварювальної головки струмом високої щільності здійснюється через спеціальні шини від зовнішнього джерела зварювального струму, тобто трансформатора. Притискання електрода до поверхні деталі, що наплавляється, виконується за допомогою пневмоциліндра односторонньої дії. Обертання стола разом із деталлю забезпечується приводом через конічну передачу та електродвигун. Для приводу використовується електродвигун потужністю 0,9 кВт, який працює від мережі 220 В.

Під час роботи на такій установці небезпечними для людини джерелами ураження електричним струмом є джерело живлення, переривник електроконтактної установки та зварювальний трансформатор. Оскільки установка для електроконтактного приварювання живиться від мережі змінного струму 380 В, для забезпечення електробезпеки необхідно передбачити та розрахувати захисне заземлення.

Захисне заземлення — це навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмовідних частин обладнання, які за певних умов можуть опинитися під напругою.

Опір заземлення, Ом, одиничного електрода у вигляді круглого стержня, вертикально заглибленого в однорідний ґрунт, визначають за відповідною формулою:

$$R_B = \frac{\rho}{2\pi l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) \quad (3.1)$$

де ρ — питомий опір ґрунту, Ом·м. Для кам'янистого ґрунту приймаємо $\rho = 800$ Ом·м;

l і d — відповідно довжина та діаметр стержня, м. Згідно з характеристиками установки приймаємо: $l = 1,5$ м, $d = 8$ мм = 0,008 м;

t — відстань від поверхні землі до середини стержня, м. Приймаємо $t = 0,8$ м.

$$R_B = \frac{800}{2\pi \cdot 1,5} \left(\ln \frac{2 \cdot 1,5}{0,008} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 0,8 + 1,5}{4 \cdot 0,8 - 1,5} \right) = 543,98 \text{ Ом}$$

До роботи з цим пристроєм допускаються працівники віком від 18 років, які пройшли попереднє навчання, склали іспит, мають посвідчення зварника не нижче третього розряду, а також пройшли первинний інструктаж безпосередньо на робочому місці.

Під час експлуатації розробленої конструкції необхідно контролювати правильність установлення електромагніта за висотою та відповідно підбирати режими зварювання. Перед початком роботи працівник повинен одягнути передбачені нормами

засоби індивідуального захисту — спеціальний одяг і взуття, перевірити технічний стан обладнання, справність стола та підготувати установку до роботи.

Установка дає можливість відновлювати деталі діаметром від 60 до 250 мм. У процесі роботи також необхідно постійно контролювати подачу присадкового матеріалу, тобто порошку, до зони приварювання.

Після завершення роботи слід привести пристрій у належний стан, очистити його від залишків матеріалу та відвести зварювальну головку від деталі в безпечне положення.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Техніко-економічна оцінка технологічного процесу відновлення корпусу КПП

Витрати на відновлення деталі визначають за відповідною розрахунковою формулою:

$$З_{\pi} = C_{\text{ПРН}} + C_{\text{РМ}} + C_{\text{ВП}} + C_{\text{ГП}}, \quad (4.1)$$

де $З_{\pi}$ — заробітна плата виробничих робітників з нарахуваннями, грн.;

$C_{\text{РМ}}$ — вартість ремонтних матеріалів, грн.;

$C_{\text{ВП}}, C_{\text{ГП}}$ — відповідно загальновиробничі та загальногосподарські витрати, грн.

Заробітну плату виробничих робітників з нарахуваннями визначають за таким виразом:

$$C_{\text{ПРН}} = K \cdot C_{\text{ПР}}, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{ПР}}$ — основна заробітна плата виробничих робітників, грн.;

K — коефіцієнт, що враховує нарахування на основну заробітну плату, $K = 1,39$.

Основну заробітну плату визначають за такою формулою:

$$C_{\text{ПР}} = T_{\text{шк}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (4.3)$$

де $T_{\text{шк}}$ — штучно-калькуляційний час, год.

$C_{\text{ч}}$ — погодинна тарифна ставка за середнім розрядом робіт, грн/год, приймаємо $C_{\text{ч}} = 150$ руб/год.

$K_{\text{д}}$ — коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати; його значення приймають у межах 1,025...1,03.

$T_{\text{шк}} = \sum T_{\text{шк}i}$, где $\sum T_{\text{шк}i}$ — сумма штучно-калькуляционного времени по операциям (см маршрутную карту).

$$T_{\text{шк}} = 63 \text{ хв} \approx 1,05 \text{ год}$$

Основна заробітна плата становить:

$$C_{\text{ПР}} = 1,05 \cdot 150 \cdot 1,03 = 162,2 \text{ грн.}$$

Заробітна плата виробничих робітників з нарахуваннями:

$$C_{\text{ПРН}} = 1,39 \cdot 162,2 = 225,4 \text{ грн.};$$

Визначаємо вартість матеріалів:

$$C_{\text{М}} = C_{\text{ПОР}} \quad (4.5)$$

де $C_{\text{ПОР}}$ — вартість витраченого порошку, грн.

Вартість порошку визначають за кількістю використаного матеріалу та його ціною за одиницю маси:

$$C_{\text{ПОР}} = Q \cdot C_{\text{ПОР}} = g_{\text{ПОР}} \cdot \Sigma t_0 U_{\text{ПОР}} \cdot 10^{-3}, \quad (4.6)$$

де $g_{\text{ПОР}}$ - витрата порошку, г/хв.

Для одного отвору в корпусі коробки передач приймаємо $q_{\text{П}} = 100$ г/хв. Оскільки в корпусі передбачено 4 отвори, загальна витрата порошкового матеріалу становитиме $g_{\text{ПОР}} = 400$ г/хв.

$U_{\text{ПОР}}$ – рейскурентна ціна порошку, грн/кг.

Оскільки чавунний порошок (*стружку*) одержують у процесі механічної обробки чавунних деталей на токарному верстаті, його вартість у розрахунках можна приймати мінімальною або визначати за собівартістю отримання відходів обробки. У такому випадку вартість цього матеріалу дорівнює витратам, пов'язаним із його збиранням та підготовкою до подальшого використання:

$$U_{\text{ПОР}} = 300 \text{ грн/кг}$$

$$C_{\text{ПР}} = 400 \cdot 6,3 \cdot 300 \cdot 10^{-3} = 756 \text{ грн}$$

$$C_{\text{М}} = C_{\text{ПОР}} = 756 \text{ грн}$$

Вартість механічної обробки (розточування) $C_{\text{МЕХ}} = 500$ гривень за розточування отворів у корпусі коробки передач згідно з даними підприємства. Цю операцію необхідно виконувати до початку приварювання порошкового матеріалу.

Після нанесення та приварювання порошку відновлені отвори підлягають остаточній обробці до номінального розміру. Для цього застосовують шліфування або хонінгування. При цьому вартість такої завершальної обробки буде вищою, ніж вартість звичайного шліфування на хонінгувальному верстаті, оскільки вона потребує більшої точності та додаткових витрат на доведення поверхні до необхідних параметрів: $C_{\text{МЕХ2}} = 800$ грн.

Витрати на матеріали розраховуються так:

$$C_{\text{РМ}} = 756 + 500 + 800 = 2056 \text{ грн}$$

Витрати на відновлення деталі розраховуються:

$$C_{\text{П}} = 225,4 + 2056 + 113,54 + 16,2 = 2411,14 \text{ грн}$$

Орієнтовна відпускна ціна корпусу коробки передач становить близько 7000 грн.

Річну економію від відновлення деталі визначають за таким виразом:

$$E_{\text{річ}} = (C_{\text{ОЦ}} - C_{\text{П}}) \cdot N \quad (4.7)$$

$$E_{\text{річ}} = (7000 - 2411) \cdot 28 = 128492 \text{ грн}$$

4.2 Розрахунок вартості виготовлення установки для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів

Витрати на виготовлення можна визначити за такою розрахунковою формулою:

$$C_{\text{ц приспособ}} = C_{\text{од}} + C_{\text{сб.н}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{пд}}, \quad (4.8)$$

де $C_{\text{од}}$ – витрати на виготовлення оригінальних деталей, грн.

$C_{\text{оп}}$ – загальновиробничі (цехові) накладні витрати на виготовлення або модернізацію конструкції, грн.

$C_{\text{сб.н}}$ – повна заробітна плата (з нарахуваннями) виробничих робітників, зайнятих складанням конструкції, грн.

$C_{\text{пд}}$ – визначаємо витрати на виготовлення оригінальних деталей.

$$C_{\text{од}} = C_{\text{пр.н}} + C_{\text{м}} \quad (4.9)$$

де $C_{\text{пр.н}}$ – Заробітна плата (з нарахуваннями) виробничих робітників, зайнятих виготовленням оригінальних деталей, грн.

$C_{\text{м}}$ – Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей, грн.

Повна заробітна плата розраховується за формулою:

$$C_{\text{пр.н}} = C_{\text{пр}} + C_{\text{д}} + C_{\text{соц}}, \quad (4.10)$$

де $C_{\text{пр}}$ та $C_{\text{д}}$ – основна та додаткова заробітна плата виробничих робітників.

$C_{\text{соц}}$ – нарахування на соціальне страхування.

Основну заробітну плату виробничих робітників визначаємо за такою формулою:

$$C_{\text{пр}} = t_{\text{ср}} \cdot C_{\text{ч}} \cdot K_{\text{д}} \quad (4.11)$$

де $t_{\text{ср}}$ – Середня трудомісткість виготовлення окремих оригінальних деталей, люд.-год.

$C_{\text{ч}}$ – Погодинна тарифна ставка робітників, визначена за середнім розрядом, грн.

$K_{\text{д}}$ — коефіцієнт, що враховує доплати до основної заробітної плати, значення якого приймають у межах 1,025...1,030.

Трудомісткість виготовлення електрода: $t_{\text{ср}} = 0,9$ люд.- год, втулки: $t_{\text{ср}} = 0,6$ люд.- год, затискача: $t_{\text{ср}} = 0,5$ люд.- год, стрічки: $t_{\text{ср}} = 1$ люд.- год, стрічки: $t_{\text{ср}} = 0,3$ люд.- год, повзуна: $t_{\text{ср}} = 0,3$ люд.- год, серги : : $t_{\text{ср}} = 0,7$ люд.- год, вала: $t_{\text{ср}} = 2,5$ люд.- год.

Звідси сумарна трудомісткість становить:

$$\Sigma t_{cp} = \Sigma t_{cpi} \cdot n_i \quad (4.12)$$

де t_{cpi} –трудомісткість кожного виду деталі, люд.-год.

n_i – кількість кожного виду деталей, шт.

$$\Sigma t_{cp} = 0,90 \cdot 1 + 0,6 \cdot 1 + 0,5 \cdot 1 + 1 \cdot 2 + 0,3 \cdot 8 + 0,3 \cdot 8 + 2,5 \cdot 1 + 0,7 \cdot 1 = 20,1 \text{ люд.-год}$$

Приймаємо погодинну тарифну ставку для середнього III розряду рівною $C_{\text{ч}} = 150$ грн. Тоді: $C_{\text{пр}} = 20,1 \cdot 1,027 \cdot 150 = 3096,4$ грн.

Додаткова заробітна плата:

$$C_d = (5 \dots 12) \cdot C_{\text{пр}} / 100 \quad (4.13)$$

$$C_d = 8 \cdot 3096 / 100 = 247,7 \text{ грн.}$$

Нарахування на соціальне страхування:

$$C_{\text{соц}} = 26,2 \cdot (C_{\text{пр}} + C_d) / 100 \quad (4.14)$$

$$C_{\text{соц}} = 26,2 \cdot (3096 + 247,7) / 100 = 33,4 \text{ грн.}$$

$$\text{Звідси: } C_{\text{пр.н}} = 3096,4 + 247,7 + 33,4 = 3377,5 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей визначають за масою заготовок, потрібних для виготовлення всіх передбачених конструкцією елементів, та ціною матеріалу за одиницю маси:

$$C_{\text{м.з.}} = C_z \cdot Q_z \cdot K_{\text{ким}} \quad (4.15)$$

де C_z – ціна одного кілограма заготовок, грн.

Q_z – маса заготовки, кг.

$K_{\text{ким}}$ – коефіцієнт використання матеріалу $K_{\text{ким}}$ – значення залежить від виду і форми деталі, а також від способу виготовлення або отримання заготовки. $K_{\text{ким}} = 0,7 \dots 1,8$. Чим більшим є це значення, тим більша частина металу переходить у стружку під час механічної обробки.

Як матеріал для заготовок приймаємо вироби прокатного виробництва: круглий, квадратний, смуговий прокат тощо. Вартість таких матеріалів перебуває в межах 30000–40000 гривень за тону. Для спрощення подальших розрахунків приймаємо: $C_z = 37000$ грн. за 1 т.

Для електрода $Q_z = 0,4$ кг;

для втулки $Q_z = 0,34$ кг;

для затискача $Q_z = 0,78$ кг;

для опори $Q_z = 1,2$ кг;

для повзуна $Q_3 = 4,5$ кг;

для серги $Q_3 = 0,4$ кг;

для вала $Q_3 = 0,78$ кг;

$$\Sigma Q_3 = \Sigma Q_{3i} \cdot n_i \quad (4.16)$$

де ΣQ_{3i} – маса кожного виду заготовки, кг.

N_i – кількість кожного виду заготовок, шт.

$$\Sigma Q_3 = 0,4 \cdot 1 + 0,34 \cdot 1 + 0,78 \cdot 1 + 1,2 \cdot 8 + 4,5 \cdot 4 + 0,4 \cdot 1 + 0,78 \cdot 2 = 8,4 \text{ кг}$$

$$C_{м.з.} = 37 \cdot 8,4 \cdot 1,8 = 559,44 \text{ грн}$$

$$C_{од} = 559,4 + 3377,5 = 3936,9 \text{ грн}$$

Повна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих складанням конструкції, становитиме:

$$C_{сб.н.} = C_{сб} + C_{д.сб.} + C_{соц.сб.} \quad (4.17)$$

де $C_{сб}$ та $C_{д.сб.}$ – Основна та додаткова заробітна плата виробничих робітників, зайнятих складанням конструкції.

$C_{соц.сб.}$ – нарахування на соціальне страхування на заробітну плату цих працівників.

Основну заробітну плату виробничих робітників, зайнятих складанням конструкції, визначаємо за такою формулою:

$$C_{сб} = T_{сб} \cdot C_{ч} \cdot K_{д} \quad (4.18)$$

де $T_{сб}$ – нормативна трудомісткість складання конструкції, люд.-год.

$$T_{сб} = K_c \cdot \Sigma t_{сб} \quad (4.19)$$

де: K_c – Коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом складання, приймається рівним 1,08.

$\Sigma t_{сб}$ – Сумарна трудомісткість складання окремих складових конструкції (у даному випадку розглядається лише складання зварювальної головки), люд.-год.

Під час загвинчування болтів $t_{сб} = 6 \cdot 4 = 24$ хв.;

Установлення стопорних шайб $t_{сб} = 2 \cdot 2 = 4$ хв.;

$$\Sigma t_{сб} = 24 + 4 = 28 \text{ хв.}$$

$$T_{сб} = 1,08 \cdot 28 / 60 = 0,5;$$

$$C_{сб} = 0,5 \cdot 150 \cdot 1,027 = 77 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата розраховується так:

$$C_{д.сб.} = (5 \cdots 12) \cdot C_{сб} / 100$$

$$C_{д.сб.} = 8 \cdot 77 / 100 = 6,16 \text{ грн}$$

Нарахування на соціальне страхування розраховується так:

$$C_{соц.сб.} = 26,1 \cdot (C_{сб} + C_{д.сб.}) / 100,$$

$$C_{соц.сб.} = 26,1 \cdot 77 + 6,16 / 100 = 32,4 \text{ грн}$$

$$C_{сб.н.} = 77 + 6,16 + 32,4 = 116,0 \text{ грн}$$

Загальновиробничі накладні витрати на виготовлення конструкції:

$$C_{оп} = C_{пр} \cdot R_{оп} / 100 \quad (4.20)$$

де $C_{пр}$ – Основна заробітна плата виробничих робітників, зайнятих виготовленням конструкції, грн.

$R_{оп}$ – Відсоток загальновиробничих витрат приймається на рівні 70 % відповідно до даних підприємства.

$$C_{пр.н} = C_{пр} + C_{сб} \quad (4.21)$$

$$C_{пр.н} = 3096,4 + 77 = 3173,4 \text{ грн}$$

$$C_{оп} = 3096,4 \cdot 70 / 100 = 2167,48 \text{ грн}$$

Суму витрат на покупні вироби наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Витрати на покупні вироби

№ п/п	Вироби	Необхідна кількість, шт.	Ціна за 1од/грн. на 2010 р.	Вартість, грн.
	Болт М10х50 ГОСТ 7798-70	8	6	48
	Болт М8х50 ГОСТ 7798-70	5	5	25
	Болт М10х70 ГОСТ 7798-70	6	7	42
	Палець 20х60 ГОС 3422-70	1	10	10
	Шайба 20 ГОСТ 11371-78	1	3	3
	Шайба 10 ГОСТ 11271-78	16	2	32
	Шайба 8 ГОСТ 11271-78	4	2	8
	Рукоятка ГОСТ 13563-79	1	85	85
	Стійка верстата 2А125 НС	1	260	260
	Муфта МУВП 250-35-1,1 ГОСТ 21424-75	1	390	390
	Електродвигун АИР80А4 ГОСТ 23264-75	1	1850	1850
	Електричний кабель	6 м	170	1020
	Редуктор	1	680	680
	Пневматичний силовий циліндр	1	670	670
Всього:				5123

$$C_{пд} = 5123 \text{ грн.}$$

$$C_{ц.присос} = 3936,9 + 116 + 2167,5 + 5123 = 11343,4 \text{ грн}$$

Таблиця 4.2 – Капітальні вкладення на дільницю відновлення.

№ п/п	Найменування	Марка	Кількість, прим.	Вартість, грн
1	Установка вібротийна	М-312 ГОСНИТИ	1	75000
2	Стіл контрольно-дефектувальний	ОРГ-1468-01-090А	1	9200
3	Верстат горизонтально-розточувальний	2А620-1	1	330500
4	Верстат хонінгувальний		1	290000
5	Трансформатор зварювальний	ТС-300	1	11800
6	Візок для перевезення агрегатів та вузлів	ОПТ-683М-ГОСНИТИ	1	3400
7	Установка для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів			11343,4
Разом:				731243,4

$K = 731243,4$ грн

Річна програма дільниці у приведених ремонтах: $N = 28$ шт. Річна трудомісткість ремонтних робіт: $\Sigma T = 3500$ люд.-год. Чисельність виробничих робітників. - 2 люд.

ВИСНОВОК

У ході виконання роботи було визначено перспективну трудомісткість ремонтних робіт майстерні з урахуванням надання послуг стороннім організаціям, а також обслуговування і ремонту рухомого складу зони обслуговування. Виконано поопераційний розподіл ремонтних робіт по дільниці, розраховано основні параметри виробничого процесу ремонтного підприємства, розроблено планувальне рішення майстерні та визначено штат працівників із розподілом за кваліфікаційними розрядами.

Оскільки у структурі собівартості ремонту машин значну частку витрат становлять запасні частини, а підприємство нині відчуває їх дефіцит і змушене працювати в умовах високої вартості комплектуючих, у проєкті запропоновано технологію відновлення посадкових отворів під підшипники та стакани корпусу коробки передач методом електроконтактного приварювання порошкових матеріалів на прикладі автомобіля КамАЗ-55102. Для реалізації цього процесу розроблено маршрутну та операційну карти, а також визначено норми часу на виконання основних операцій.

Для практичного впровадження запропонованої технології спроектовано конструкцію установки для електроконтактного приварювання порошкових матеріалів, що дає змогу виконувати відновлення посадкових місць у корпус-них деталях машин з необхідною якістю та виробничою ефективністю.

Окрему увагу в роботі приділено питанням охорони довкілля та екологічної безпеки. Крім того, виконано розрахунок очікуваних техніко-економічних показників діяльності підприємства після впровадження запропонованих заходів.

Отже, результати виконаного проєкту свідчать про те, що за умови реалізації запропонованих технічних і організаційних рішень підприємство зможе поліпшити свої економічні показники, підвищити ефективність використання автомобільної техніки, а також зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування. Доцільність упровадження розроблених заходів підтверджується виконаними техніко-економічними розрахунками, що вказують на їх практичну ефективність і перспективність для виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ремонт машин та обладнання : підручник / В. І. Черкун, М. І. Белов, О. В. Мельник. Київ : Урожай, 2018. 376 с.
2. Технологія ремонту машин : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, О. А. Науменко, А. Я. Поліський. Харків : ХНТУСГ, 2017. 452 с.
3. Ремонт сільськогосподарської техніки : навч. посіб. / В. М. Кравчук, М. І. Грицишин, В. В. Каплун. Київ : Аграрна освіта, 2015. 320 с.
4. Технологічні процеси ремонту машин : навч. посіб. / А. І. Бойко, В. М. Чумак, С. П. Погорілий. Київ : НУБіП України, 2016. 428 с.
5. Надійність і ремонт машин : навч. посіб. / В. Я. Анілович, В. М. Гриньов, М. І. Черновол. Харків : ХДТУСГ, 2014. 348 с.
6. Черновол М. І. Відновлення деталей машин : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2012. 352 с.
7. Молодик М. В., Зенкін А. С. Відновлення деталей машин. Київ : Урожай, 1989. 264 с.
8. Організація та технологія ремонту машин : навч. посіб. / В. М. Барановський, С. М. Кухарець, В. М. Поліщук. Житомир : ЖНАЕУ, 2018. 286 с.
9. Технічна експлуатація машинно-тракторного парку : навч. посіб. / В. М. Кравчук, В. М. Погорілий, В. В. Каплун. Київ : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2015. 360 с.
10. Організація технічного сервісу машин агропромислового комплексу : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, В. М. Власовець, В. П. Войтов. Харків : ХНТУСГ, 2019. 310 с.
11. Проектування ремонтно-обслуговуючих підприємств : навч. посіб. / О. І. Сідашенко, В. М. Власовець, В. П. Войтов. Харків : ХНТУСГ, 2019. 310 с.
12. Технологічне обладнання для технічного обслуговування та ремонту автомобілів і тракторів : навч. посіб. / В. П. Волков, В. М. Павленко, О. Б. Комов. Харків : ХНАДУ, 2016. 440 с.
13. Технічна експлуатація автомобілів : підручник / В. П. Волков, В. П. Матейчик, П. Б. Комов. Харків : ХНАДУ, 2012. 520 с.
14. Трактори та автомобілі : підручник / В. М. Погорілий, В. М. Кравчук, О. В. Лавріненко. Київ : Урожай, 2016. 420 с.
15. Автомобілі КамАЗ. Будова, технічне обслуговування і ремонт : навч. посіб. / В. М. Кравчук, О. В. Лавріненко, В. І. Кравець. Київ : Аграрна освіта, 2016. 336 с.

16. Двигуни внутрішнього згоряння : підручник / А. П. Марченко, А. Ф. Шеховцов, В. В. Пильов. Харків : НТУ «ХПІ», 2015. 500 с.
17. Деталі машин і основи конструювання : підручник / М. Н. Кіницький, В. О. Бойко, М. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2018. 520 с.
18. Писаренко Г. С., Квітка О. Л., Уманський Е. С. Опір матеріалів : підручник. Київ : Вища школа, 2004. 655 с.
19. Розрахунок і конструювання пристроїв та оснащення : навч. посіб. / В. О. Бойко, О. М. Кіницький. Київ : Кондор, 2017. 280 с.
20. Металорізальні верстати та технологічне оснащення : навч. посіб. / В. В. Боженко, О. М. Литвиненко. Київ : Центр учбової літератури, 2016. 368 с.
21. Технологія машинобудування : підручник / М. А. Солонинко, О. І. Капустян, В. В. Мельник. Львів : Новий Світ-2000, 2018. 536 с.
22. Матеріалознавство і технологія конструкційних матеріалів : підручник / В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов. Київ : Либідь, 2016. 448 с.
23. Зварювання та наплавлення в ремонтному виробництві : навч. посіб. / В. М. Корж, В. Д. Кузнецов, Ю. С. Борисов. Київ : Арістей, 2005. 284 с.