


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет "Транспортна інженерія"

Кафедра "Локомотиви"

"ДО ЗАХИСТУ"

Зав. кафедрою  Борис БОДНАР

" 11 "  2024 р.


ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до кваліфікаційної роботи *магістра*

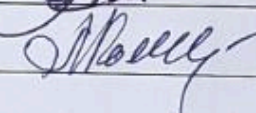
на тему: "Підвищення надійності електрообладнання електропоїзда
ЕПЛ2Т"

за освітньою програмою: "Локомотиви та локомотивне господарство"
зі спеціальності 273 "Залізничний транспорт"
галузі знань 27 "Транспорт"

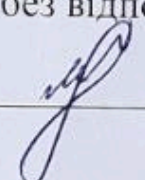
Виконав: студент групи ДГ2221

 Анатолій МІРОШНІКОВ

Керівник  Дмитро КИСЛИЙ

Нормоконтролер  Людмила КОЛОДІЙ

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних посилань.

Студент 

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGIES

Faculty “*Transport engineering*”

Department “*Locomotives*”

EXPLANATORY NOTE

to Master’s Thesis

master

on the topic: “**Increasing the reliability of the electrical equipment of the EPL2T electric train**”

according to educational curriculum: “*Locomotives and Locomotive Economy*”
in the Speciality 273 “*Railway transport*”
field of knowledge 27 “*Transport*”

Done by the student of the group *LG2221*:

Anatolii MIROSHNIKOV

Scientific Supervisor: Dmytro KYSLYI

Normative controller: Liudmyla KOLODII

Dnipro, 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: *«Транспортна інженерія»*

Кафедра: *«Локомотиви»*

Рівень вищої освіти: *другий (магістерський)*

Освітня програма: *«Локомотиви та локомотивне господарство»*

Спеціальність: *273 «Залізничний транспорт»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. Кафедрою _____ Борис БОДНАР

« ____ » _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістра

студенту групи ЛГ2221

Мірошнікову Анатолію Васильовичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Підвищення надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т
Керівник роботи: Кислий Дмитро Миколайович, к.т.н.
Затверджена наказом по університету від «17» січня 2023 р. №31ст
2. Строк подання студентом роботи: «12» січня 2024 р.
3. Вихідні дані до роботи: кількість об'єктів спостереження – 55 електричних апаратів; напруга головного кола – 3000 В; тривалий струм контактора – 400 А.
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):
 - 4.1 Огляд та аналіз питання з надійності та технічного діагностування електричного обладнання тягового рухомого складу
 - 4.2 Підвищення надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т
 - 4.3 Розрахунок електропневматичного контактора типу 1КП-005
 - 4.4 Розробка пропозицій з поліпшення охорони праці під час технічного діагностування, ремонту та удосконалення конструкції електричного обладнання електропоїзда ЕПЛ2Т
 - 4.5 Розрахунок економічної ефективності підвищення надійності контактора типу 1КП-005
5. Перелік графічного матеріалу:
 - 5.1 Залежність відмов устаткування тягового рухомого складу
 - 5.2 Огляд методів контролю технічного стану

- 5.3 Розподіл пошкоджень та відмов електропоїздів постійного струму
- 5.4 Основні показники надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т
- 5.5 Кількісні характеристики надійності за статистичними даними про відмови електроапаратів електропоїзда ЕПЛ2Т
- 5.6 Електрична схема силових кіл головного вагона електропоїзда ЕПЛ2Т
- 5.7 Лінійний контактор типу 1КП-005. Кінематична схема електропневматичного контактора типу 1КП-005
- 5.8 Установка для перевірки електричних апаратів
- 5.9 Електрична схема установки для регулювання швидкодіючого вимикача та реле перевантаження
- 5.10 Схема підключення іоністора та таймара з вимикаючим геконом
- 5.11 Схема освітлення дільниці по ремонту та налаштуванню електричних апаратів

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапу кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Обсяг розділу, %
1	Огляд та аналіз питання з надійності та технічного діагностування електричного обладнання тягового рухомого складу	28.11.2023	20
2	Підвищення надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т	28.11.2023	20
3	Розрахунок електропневматичного контактора типу 1КП-005	19.12.2023	20
4	Розробка пропозицій з поліпшення охорони праці під час технічного діагностування, ремонту та удосконалення конструкції електричного обладнання електропоїзда ЕПЛ2Т	19.12.2023	20
5	Розрахунок економічної ефективності підвищення надійності контактора типу 1КП-005	09.01.2024	20
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	12.01.2024	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	22.01.2024	

Студент _____ Анатолій МІРОШНІКОВ

Керівник роботи _____ Дмитро КИСЛИЙ

РЕФЕРАТ

Магістерська дипломна робота на тему «Підвищення надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т» загальним обсягом 6 аркушів демонстраційного матеріалу, 90 аркушів розрахунково-пояснювальної записки, яка складається з 5 розділів. Робота містить 29 ілюстрацій, 18 таблиць та список літературних джерел з 16 найменувань.

Об'єктом дослідження в магістерській дипломній роботі виступає електричне обладнання електропоїзда, а метою – підвищення надійності електрообладнання електропоїзда за рахунок удосконалення конструкції. Предмет дослідження – експлуатаційна надійність та електро-механічні процеси в електричних апаратах.

Для вирішення питання підвищення надійності електрообладнання електропоїздів постійного струму ми проаналізували експлуатаційні відмови, визначили основні показники надійності електрообладнання електропоїзда постійного струму, визначили кількісні характеристики надійності за статистичними даними про відмови електроапаратів електропоїзда. При огляді будови контактора типу 1КП-005 проаналізували його основні пошкодження та виконали розрахунок електропневматичного контактора відповідно характеристик електропоїзда. Надали пропозиції підвищення надійності контактора та технічного оснащення для діагностування та підвищення надійності електрообладнання.

В роботі запропоновано технологічне обладнання, яке необхідне для перевірки та налаштування силових електропневматичних електроапаратів моторного вагона, яке можна застосовувати без зняття апаратів. Запропонований стенд модернізовано – розроблено технічні рішення для створення струму короткого замикання та визначення часу спрацьовування апаратів, що є важливим моментом для головного роз'єднувача.

Ключовими словами в магістерській дипломній роботі виступають: надійність, електрообладнання, електропоїзд, відмова, показник, контактор, технологічне обладнання, стенд.

					0032.180157.000.03МР.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПИТАННЯ З НАДІЙНОСТІ ТА ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ	9
1.1 Аналіз надійності вузлів тягового рухомого состава на основі експлуатаційних даних	9
1.2 Програмне моделювання параметрів надійності вузлів тягового рухомого складу.....	18
1.3 Методика розрахунку показників надійності рухомого складу в період нормальної експлуатації	22
2 ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕПЛ2Т.....	30
2.1 Аналіз відмов електропоїздів	30
2.2 Визначення основних показників надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т	36
2.3 Визначення кількісних характеристик надійності за статистичним даними про відмови електроапаратів електропоїзда ЕПЛ2Т	41
2.4 Вибір об'єкту підвищення надійності	46
2.5 Огляд будови контактора типу 1КП-005 та аналіз його основних пошкоджень.....	46
2.6 Розрахунок електропневматичного контактора типу 1КП-005.....	50
2.7 Пропозиції підвищення надійності контактора	59
2.8 Технічне оснащення для діагностування та підвищення надійності електрообладнання.....	63

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Мірошніков</i>			<i>Лім.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Кислий</i>			Н	5	90
<i>Реценз.</i>					<i>УДУНТ, зр. ЛГ2221</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Колодій</i>					
<i>Затверд.</i>		<i>Боднар</i>					

3 РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З ПОЛІПШЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ, РЕМОНТУ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕПЛ2Т	68
3.1 Розрахунок освітлення дільниці по ремонту та налаштуванню електричних апаратів	68
3.2 Розробка інструкції з охорони праці при ремонті електроапаратів	72
4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТАКТОРА ТИПУ 1КП-005	73
4.1 Розрахунок витрат на ремонт до модернізації	75
4.2 Розрахунок витрат на ремонт після модернізації	77
4.3 Термін окупності та економічний ефект	78
ВИСНОВКИ	80
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	82
ДОДАТОК А. Інструкція з охорони праці при проведенні ремонту та виконанні налаштування електроапаратів електропоїзда	84

ВСТУП

Сучасний розвиток економічних ринкових відносин вносить зміни у функції управління на залізничному транспорті. Основним завданням залізниць постає не перевезення, а транспортне обслуговування. Додатково, становлення приватної власності пред'являє більш жорсткі вимоги до величини транспортної складової, яка має враховувати втрати на стиках між транспортом та виробництвом й забезпечувати високий рівень транспортного обслуговування залежно від характеру виробництва.

Важливо не тільки перевозити вантаж або пасажирів, а здійснювати транспортне обслуговування по класах якості відповідно до мінімуму витрат. Одним із найважливіших документів є програма реорганізації та розвитку залізничного транспорту. Ця програма є важливою складовою реформування галузі в цілому. Одним з основних питань програми є система утримання та надійність рухомого складу [1].

Технологія будівництва тягового рухомого складу в сьогоденних умовах ґрунтується на застосуванні великої кількості технологічних процесів та їх комплексної автоматизації і механізації. Основу її складають спеціалізовані підприємства, які оснащені високопродуктивними верстатами, автоматичними і механізованими лініями для ремонту деталей і вузлів. Головним завданням ремонтного виробництва є значне підвищення якості ремонту, підвищення надійності та довговічності тягового рухомого складу, збільшення післяремонтного ресурсу. Для вирішення цієї задачі велике значення має рівень техніки, організація та технологія ремонтного виробництва.

Зростаюча складність технічних систем визначає актуальність збільшення числа досліджень в області надійності. Параметри режиму експлуатації стають усе більш інтенсивними й складними, що приводить до необхідності масштабної автоматизації виробничих процесів, а також керування ними, у тому числі з використанням потужних технологічних комп'ютерів. Промислові вироби, механічне устаткування й обладнання, різні компоненти машин і т.д. – усі вони можуть розглядатися як базові одиниці з автономною роботою, вбудовані в

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

складні агрегати або установки.

В магістерській роботі розглядаються питання підвищення надійності електричного обладнання електропоїзда. Об'єктом дослідження виступає електричне обладнання електропоїзда ЕПЛ2Т, а метою – підвищення надійності електрообладнання електропоїзда за рахунок модернізації. Предмет дослідження – експлуатаційна надійність та електро-механічні процеси в електричних апаратах.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ПИТАННЯ З НАДІЙНОСТІ ТА ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

1.1 Аналіз надійності вузлів тягового рухомого состава на основі експлуатаційних даних

Кількісне поняття надійності визначається як імовірність того, що об'єкт буде виконувати функції, для яких він призначений, на необхідному рівні продуктивності протягом певного часу при заздалегідь установлених умовах експлуатації [2]. Правильна робота будь-якої технічної системи характеризується її експлуатаційними параметрами: гарною експлуатаційною надійністю, цілісністю її компонентів, строком служби, вільною експлуатацією, готовністю, працездатністю, можливістю ремонту й відновлення [3].

У фізичному підході здатність правильно управляти механічним компонентом моделюється за допомогою випадкової величини S (міцність); компонент повинен підтримувати навантаження L , також обумовлену як випадкову величину.

Допускається, що несправність компонента виникає, як тільки навантаження стає вище міцності, тому його надійність R – це ймовірність того, що міцність буде більше навантаження:

$$R = P_r(S > L), \quad (1.1)$$

де P_r – імовірність настання певного події A [4].

Навантаження звичайно змінюється залежно від часу $L(t)$, а також від міцності елемента $S(t)$, тому що компонент згодом погіршується в результаті дії механізмів руйнування, таких як корозія, ерозія, зношування, перевтома і т.д. На рис. 1.1 показана можлива залежність від часу обох зазначених змінних величин – $S(t)$ і $L(t)$.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.1 – Зміни навантаження (1) і міцності компонента (2)

Тривалість часу до відмови T для розглянутого компонента – найменше, яке проходить до досягнення умови $S(t) < L(t)$, і воно задається співвідношенням

$$T = \min\{t; S(t) < L(t)\}. \quad (1.2)$$

У цьому випадку надійність компонента $R(t)$ може бути визначена як

$$R(t) = p(t) = P(T > t), \quad (1.3)$$

де $p(t)$ – функція надійності, що виражає ймовірність коректної роботи;

T – граничний час, заданий для коректної роботи [4].

Показники (або характеристики) надійності – це певні параметри, які якісно й кількісно виражають той факт, що технічний компонент або конструкція можуть уважатися надійними чи ні. Дані характеристики звичайно ставляться до деяких ремонтованих елементів або деяким компонентів (включаючи складні системи), призначеним для ремонту [4].

Якщо тривалість часу до відмови T безупинно розподілена з функцією $F(t)$ щільності надійності, то функція відмови $f(t)$ – імовірність, яка забезпечує, відмови (імовірність того, що компонент вийде з ладу протягом періоду часу).

Можна зробити висновок, що $R(t)$ – це ймовірність того, що розглянутий елемент не вийде з ладу або не буде працювати нестабільно протягом періоду часу $(0, t)$. Отже, надійність компонента $R(t)$ також відома як його функція довговічності [4].

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середній час коректної роботи являє собою середнє арифметичне значення її тривалості для обстежуваного статистичного періоду:

$$T = \frac{\sum t}{N}, \quad (1.4)$$

де t – тривалість коректної роботи для кожного з N розглянутих компонентів [4].

Враховуючи кількість відмов N за загальний час T , інший показник надійності, а саме ймовірність відмови наприкінці інтервалу часу $(0, t)$ може бути встановлена залежно від інтенсивності відмов і швидкості ремонту для відповідного компонента в такий спосіб

$$\lambda = \frac{N}{T}. \quad (1.5)$$

У зв'язку з надійністю й технічним обслуговуванням механічних, електричних і електронних систем швидкість ремонту також вважається важливим параметром, який розраховується по формулі:

$$\mu = \frac{N}{T}. \quad (1.6)$$

Інтенсивність відмов звичайно може бути виражена як математична функція $l(u)$ або може бути постійною на інтервалі часу $(0, t)$, так що функція надійності задається співвідношенням

$$R = e^{-\lambda t}. \quad (1.7)$$

У ході досліджень для детального аналізу відмов різного роду вузлів локомотива були вивчені дані з рядової експлуатації за 5 років і враховувалися тільки відмови устаткування, які привели до некоректній роботи або зупинки тягового рухомого складу (ТРС).

Розглядалося устаткування наступних категорій:

– механічне – візка й буксовий вузол, корпус локомотива, зчіпні

					0032.180157.000.03МР.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання;

– пневматичне – установка виробництва стисненого повітря й гальмова установка;

– теплове – дизельний двигун і його допоміжні установки;

– електроустаткування – система електропостачання (у тому числі силові електричні машини), електрична система допоміжних машин.

Кількість відмов по кожній з вищезгаданих категорій устаткування наведено в табл. 1.1. Діаграма на рис. 1.2 ілюструє для розглянутого тимчасового інтервалу тимчасову залежність числа відмов, що відповідає кожній із чотирьох категорій устаткування (включаючи електроустаткування й систему допоміжних машин).

Таблиця 1.1 – Зміна числа відмов у різних типах устаткування [5]

Тип устаткування	Число відмов за період				
	I	II	III	IV	V
Механічне устаткування	6	5	5	5	3
Пневматичне устаткування	3	1	3	2	2
Теплове устаткування	12	6	7	7	7
Електроустаткування	25	25	30	23	32

З одного боку, за експлуатаційним даними можна зробити висновок, що в ТРС число відмов в електроустаткуванні значно більше, чим в інших категоріях устаткування, а пневматичних дефектів найменше. З іншого боку, можна помітити, що кількість відмов не сильно міняється від періоду до періоду для кожної категорії устаткування.

Розглянемо приклад надійності для механічного устаткування, яке складається з підшипників буксового вузла, шестірні колісно-моторного блока, елементів підвіски й гальмових колодок [5].

Кількість відмов і кількість ремонтів представлена в табл. 1.2 для кожного зі згаданих механічних компонентів разом з інтенсивністю відмов і відповідно інтенсивністю ремонту, яка необхідна для розрахунку надійності компонентів.

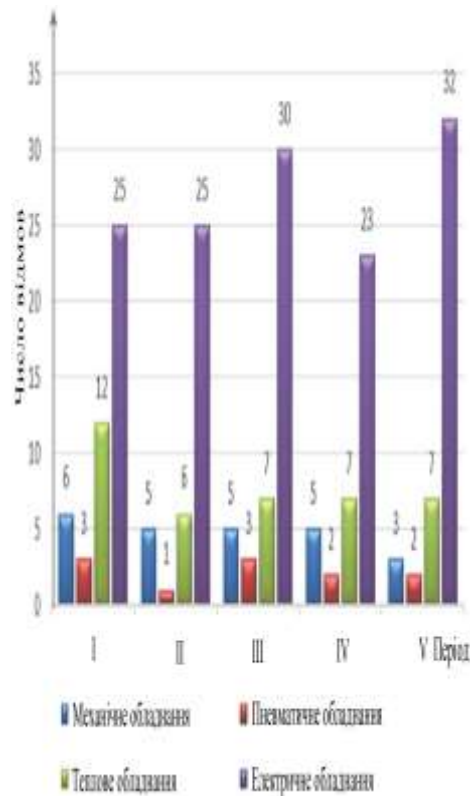


Рисунок 1.2 – Часова залежність відмов різного устаткування

Таблиця 1.2 – Відмови механічного устаткування

Тип устаткування	Кількість відмов за період					Загальний час 43 824 год			
	I	II	III	IV	V	Загал. число відмов	λ	μ	Загал. число ремонтів
Вісь двигуна	2	3	4	2	3	14	0,0003194	0,00057	25
Буксовий вузол	3	1	1	1	—	6	0,0001369	0,000273	12
Елементи підвіски	1	1	—	1	—	3	$6,845 \times 10^{-5}$	0,000228	10
Гальмівні колодки	—	—	—	1	—	1	$2,281 \times 10^{-5}$	$3,12 \times 10^{-5}$	4

З табл. 1.2 бачимо, що найбільше відмов припадає на підшипники буксового вузла, а найменше на гальмові колодки.

Використовуючи ці дані й приймаючи деякі приблизні, але постійні значення по розглянутій тривалості часу для інтенсивності відмов і швидкості ремонтів, отримані значення надійності й відповідні функції відмов, які відносяться до описаних елементів механічного устаткування. Дані табл. 1.3 використані для побудови графічних функцій залежності від часу (рис. 1.3) показників надійності зазначених компонентів механічного устаткування.

Таблиця 1.3 – Розрахунок надійності механічних компонентів

Час роботи, год	Вісь двигуна	Буксовий вузол	Елементи підвіски	Гальмові колодки
0	1	1	1	1
4382,4	0,248937733	0,551038244	0,742319503	0,905448229
8764,8	0,061969995	0,303643146	0,551038244	0,819836495
13147,2	0,01542667	0,167318986	0,409046435	0,742319503
30676,8	$5,92427 \times 10^{-5}$	0,01542667	0,124204147	0,498936602
35059,2	$1,47478 \times 10^{-5}$	0,008500685	0,09219916	0,451761263
39441,6	$3,67127 \times 10^{-6}$	0,004684203	0,068441235	0,409046435
43824	$9,13918 \times 10^{-7}$	0,002581175	0,050805263	0,37037037

Ті ж принципи були застосовані для визначення кривих залежності надійності від часу (рис. 1.3-1.7) для інших розглянутих систем локомотива: пневматичного, теплового, електричного й допоміжного електроустаткування.

Проаналізувавши представлені графіки, можна зробити наступні висновки:

- несправності електроустаткування є основними;
- для силового устаткування найчастіше зустрічаються несправності, які виникають на генераторах електроенергії, у вигляді обривів котушок на основних

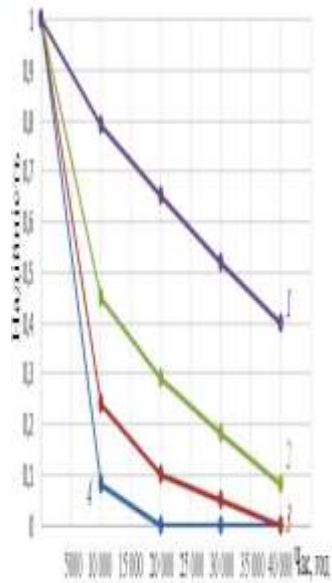


Рисунок 1.3 – Залежність надійності від часу для механічних компонентів:
 1 – гальмові колодки; 2 – елементи ресорного підвішування; 3 – буксовий вузол;
 4 – вісь якоря

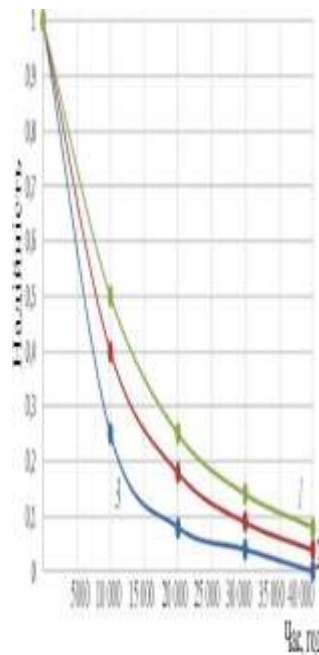


Рисунок 1.4 – Зміни надійності пневматичного устаткування:
 1 – гальмові циліндри; 2 – магістраль стисненого повітря; 3 – компресор стисненого повітря

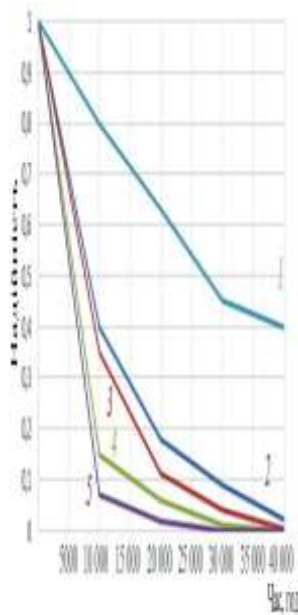


Рисунок 1.5 – Зміни надійності теплового устаткування:

1 – система подачі повітря; 2 – дизельний двигун; 3 – система змащення; 4 – паливна система; 5 – система охолодження

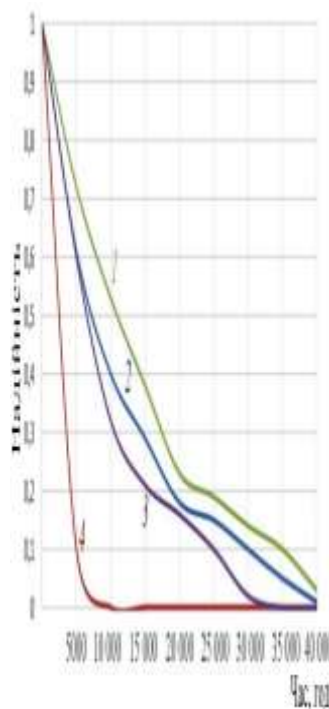


Рисунок 1.6 – Зміни надійності електричного тягового устаткування:

1 – основний генератор; 2 – силові вимикачі; 3 – установка обігріву локомотива; 4 – тягові двигуни

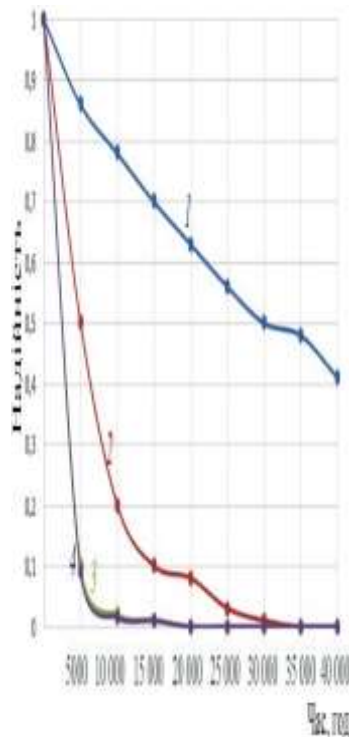


Рисунок 1.7 – Зміни надійності допоміжного устаткування:

1 – допоміжний генератор; 2 – запобіжники й вимикачі; 3 – акумулятори; 4 – контактори й реле

або допоміжних полюсах; у першу чергу вони викликані сильними вібраціями двотактного дизельного двигуна, що приводять до ослаблення кріпильних гвинтів основних або допоміжних полюсів;

– невелика кількість відмов була зареєстрована на допоміжнім устаткуванні, що можна пояснити наявністю незначної кількості механічних навантажень на ньому.

Характеристики надійності встановлюються з використанням даних, які відносяться до зареєстрованих відмов компонентів для певного часового періоду. З наведених вище фактів можна помітити, що для аналізу надійності технічних систем використовується інформація з різних областей: потрібне детальне знання технічної структури системи й окремих механізмів, які можуть привести до відмови або некоректній роботі досліджуваного об'єкта [6].

Цей підхід дає можливість аналізувати типи відмов і сприяє виявленню компонентів, схильних до відмови в найкоротший термін експлуатації. Результати аналізу дозволяють прийняти деякі додаткові заходи з ремонту й технічному

обслуговуванню відповідно до ймовірності відмови для кожного з компонентів технічної системи. У зв'язку із цим було вказано, що для розглянутого локомотива необхідно більш часте технічне обслуговування допоміжного електричного устаткування (рис. 1.7) і електрогенератора (рис. 1.6).

1.2 Програмне моделювання параметрів надійності вузлів тягового рухомого складу

Із проблемою надійності зв'язані наступні практичні завдання [4]:

- прогнозування надійності устаткування й установок;
- нормування рівня надійності;
- випробування на надійність;
- розрахунок і аналіз надійності;
- оптимізація технічних рішень по забезпеченню надійності при створенні й експлуатації рухомого складу, установок, систем;
- економічна оцінка надійності.

Теорія надійності вводить у практику інженерного дослідження кількісні оцінки, які дозволяють:

- установлювати вимоги й нормативи надійності устаткування для систем;
- порівнювати різні види устаткування по їхній надійності;
- розраховувати надійність вузлів та систем по надійності їх елементів;
- оптимізувати величину резерву й структуру технічних об'єктів;
- виявляти найменш надійні елементи устаткування і систем;
- оцінювати строки служби устаткування.

Формалізація математичного опису статистичної інформації з метою оптимізації строків профілактичних робіт вимагає обліку економічних факторів і вимог безпеки.

Якщо в якості математичного очікування a розглядати нормативне значення контрольованого параметра, то за дотриманням цього настроювання можна буде стежити на підставі вимірів вибіркової середньої \bar{x} . Тоді, виходячи із заданої довірчої ймовірності γ і величин допуску в меншу й у більшу сторону, можна

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

буде відзначати випадки порушення заданих вимог.

Існує ряд розроблених методів контролю й керування випадковими процесами [4], основною метою яких є забезпечення економічного обслуговування по стану. Слід особливо зазначити, що всі ці математичні результати доведені до алгоритмів, придатних до практичного використання.

Розглядається $\xi(t)$ – випадковий монотонний у часі t процес, про розвиток якого можна судити по деякій контрольованій ознаці, спостережуване значення якої в момент часу t_k позначене x_k .

Це відповідає звичайній практиці, коли контрольні заходи проводяться через певні проміжки часу. Сумарні витрати на спостереження й регулювання системи в період її працездатності, тобто поки $x_k < L$, де L – граничне значення до відмови, становлять суму C , а втрати при відмові, тобто виході системи за поріг відмови, коли $x_k > L$ – величину A .

Якщо для такого процесу зміна ознаки $\Delta x_k = x_k - x_{k-1}$ на черговому інтервалі часу контролю не залежить від поточного часу, тобто не залежить від передісторії, і розподілене по відомому закону, то мінімум питомих витрат на контроль і обслуговування досягається при припиненні експлуатації (для ремонту, заміни й т.п.) у момент часу, коли вперше буде порушена нерівність $x_k < L$.

Алгоритм дій при організації керування якістю по такому методу розглянемо на рис. 1.8.

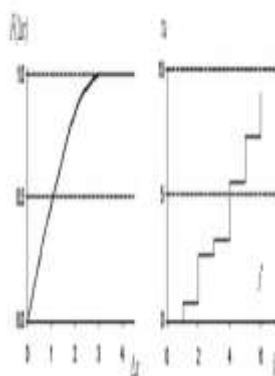


Рисунок 1.8 – Приклад методу контролю стану

На лівому графіку наведений емпіричний закон розподілу $F(z)$, отриманий

попереднім збором статистичної інформації, по якому можна змодельовати разову зміну контрольованої ознаки Δx_k . На правому графіку представлений монотонний розвиток процесу від стану повністю справної системи (ознака $x=0$) до відмови (ознака $x=L$). Бачимо, як із часом контрольована ознака (кількість підсистем, що відмовили, і т.п.) прагне до порогу L , за яким система вважається такою, що відмовила.

Другий розглянутий тут метод контролю досить перспективний для обліку зміни інтенсивності відмов, коли вона росте в старіючої системи. Нехай інтенсивність відмов не постійна, тобто збільшується згодом по відомому закону.

У якості показника ефективності системи технічного обслуговування (ТО, ПР) використовується функціонал, який характеризує відносний час перебування об'єкта в працездатному стані. Для одержання результатів оцінки якості системи ТО та ПР слід мати основні показники надійності об'єкта експлуатації, а також середні витрати часу на виконання основних планових і непланових робіт.

Запропонований підхід аналізу надійності має певну перевагу перед відомими алгоритмами розрахунку, тому що при збереженні суворості обчислень має безсумнівну простоту й наочність. Він дозволяє при проектуванні технічних об'єктів заздалегідь оцінити достатність передбачених обсягу й номенклатури регламентних робіт для одержання оптимальної стратегії ТО та ПР. Крім того, з'являється можливість оперативно досліджувати вплив різних факторів, пов'язаних із системою ТО та ПР, на показники її ефективності.

Основними факторами, які впливають на ефективність функціонування системи ТО та ПР, є показники надійності об'єкта, а також час пошуку й тривалість планових і відновних робіт. Програмні інструменти дозволяють при проектуванні або експлуатації технічних об'єктів оцінити достатність передбачених обсягу й номенклатури регламентних робіт.

Розрахунок оптимальних строків профілактичних робіт при поступових відмовах для досягнення максимальної ймовірності безвідмовної роботи реалізований на основі формули:

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

$$P(t) = \int_0^t \varphi(x) \cdot v(t-x) dx, \quad (1.8)$$

де $\varphi(x)$ – щільність імовірності появи несправності (реалізуються нормальний, показовий, Вейбулла й інші розподіли);

$v(x)$ – умовна ймовірність відмови на інтервалі зародження відмови.

Напрацювання електроустаткування на відмову залежить від зовнішніх і внутрішніх збурюючих факторів; природа зовнішніх не залежить від властивостей електроустаткування, внутрішніх – обумовлена його властивостями. У якості основних параметрів математичної моделі надійності функціонування устаткування можна використовувати наробіток на відмову й середній час відновлення, що дозволяє охарактеризувати безвідмовність і довговічність устаткування. Такий підхід до оцінки ймовірності відмови елементів реалізується обліком статистичної інформації про різні типи відмов, отриманих у результаті обстежень. Значення результуючої ймовірності безвідмовної роботи й інтенсивності відмов системи з урахуванням експлуатації й без неї різні в кілька разів. Це є наслідком зроблених при орієнтовних розрахунках допущень:

- аналізована система структурно є послідовною;
- умови експлуатації не враховуються;
- відмови елементів незалежні;
- моделі відмов тих або інших елементів покладаються експонентними.

Численні дослідження вказують на актуальність визначення стійких рівнів наробітку на відмову й підвищення надійності електроустаткування, застосування аналітичних методів оцінки надійності технічних систем.

Залежно від інформаційної складової досліджуваного об'єкта й можливості проведення статистичних випробувань запропоновані різні моделі визначення параметрів надійності для технічного обслуговування [7].

Визначення впливу відхилень напруги в електричній мережі. При зниженні напруги до $0,9U_{ном}$ час досягнення результату збільшується на 20 %, а при виході

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

його за межі $(0,9-1,1)U_{ном}$ виникає ризик досягнення невірною результату.

Коливання напруги з розмахом 10-15% можуть привести до виходу з ладу конденсаторів, а також вентиляльних випрямних агрегатів.

Вплив несиметрії напруги на роботу електроустаткування. При припустимих значеннях несиметрії напруги 2% і несинусоїдальності 5% строк служби асинхронних двигунів скорочується на 21%, синхронних – на 32%; трансформаторів – на 8%, конденсаторів – на 40% [7].

Вплив несинусоїдальності напруги. При несинусоїдальності напруги спостерігається прискорене старіння ізоляції електричних машин, трансформаторів, конденсаторів і кабелів. При робочих температурах в ізоляційних матеріалах протікають хімічні реакції, які призводять до поступової зміни їх ізоляційних і механічних властивостей. Зі збільшенням температури ці процеси прискорюються, скорочуючи строк служби устаткування [7].

Вплив відхилення частоти в енергосистемі на роботу електроніки. Зниження частоти на 1% збільшує втрати в мережах на 2%. Знижена частота в електричній мережі впливає на строк служби устаткування, яке містить елементи зі сталлю (електродвигуни, трансформатори), за рахунок збільшення струму намагнічування в таких апаратах і додаткового нагрівання сталевих елементів [7].

1.3 Методика розрахунку показників надійності рухомого складу в період нормальної експлуатації

В останні роки виконано багато робіт з підвищення надійності локомотивів і удосконалюванню їх технічного обслуговування та ремонту. Однак забезпечення необхідного рівня надійності для складного устаткування й апаратури при існуючих засобах контролю досить важке завдання. Більшість несправностей устаткування в цей час виявляється візуально, під час безпосереднього зовнішнього огляду. У зв'язку із цим виникла потреба в створенні методів і обладнання, яке дозволяють виявити й усунути дефекти до виходу з ладу окремого агрегату або всього локомотива.

Методи пошуку несправностей електроустаткування. У технічній

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

діагностиці найбільше широко відомі наступні методи пошуку несправностей електроустаткування.

Органолептичний метод. Цей метод передбачає використання органів почуттів випробувача – зору, слуху, дотику, нюху. Метод практично завжди передре застосуванню будь-яких інших методів і є допоміжним. У результаті його застосування по зовнішніх ознаках практично відразу ж виявляються деякі пошкодження вузлів об'єкта [8].

Метод параметричного аналізу. Метод заснований на визначенні параметрів контрольованого об'єкта за допомогою приладів і інструментів. Перевіряючи параметри, виявляють відхилення й таким чином, установлюють елемент, який відмовив. Спосіб простий, наочний і не вимагає докладної вихідної інформації. Результати раніше виконаних перевірок не враховуються при виконанні наступних перевірок. Недолік методу – послідовність пошуку несправностей не оптимальна. Застосовується для різноманітного устаткування.

Ймовірно-часовий метод. Метод можна застосовувати при довільному з'єднанні елементів системи. Вихідна інформація містить відомості про відмови елементів (імовірність безвідмовної роботи або ймовірність відмови), час, витрачений на перевірку елемента, а також відношення t/p або t/q , де t – час; p – імовірність безвідмовної роботи; q – імовірність відмови. Алгоритм пошуку складається з урахуванням функціональної схеми й матриці несправностей (табл. 1.4) [8].

Таблиця 1.4 – Матриця несправностей [8]

Причина відмови або елементи, що відмовили	Ознака відмови		
	b_1	...	b_n
a_1	1	–	1
a_2	–	1	–
a_n	1	–	–

Цифрою 1 позначена наявність зв'язку між ознаками несправності елемента й елементом системи або причиною відмови. Кожній ознаці відмови відповідає своя безліч причин несправностей. Значення ймовірності відмови або ймовірності безвідмовної роботи встановлюються статистичним шляхом і використовуються для визначення послідовності виконання перевірок. Ця послідовність встановлюється по величині відношення:

$$\frac{p_1}{t_1} > \frac{p_2}{t_2} > \dots > \frac{p_n}{t_n}, \quad (1.9)$$

де t_1, t_2, t_n – час, витрачений на перевірку i -го елемента;

p_1, p_2, p_n – імовірність безвідмовної роботи i -го елемента.

Пошук починають із перевірки елемента, який має найбільше відношення p/t .

Побудована в такий спосіб програма забезпечує мінімальний час на пошук несправності. Краще враховувати мінімум середніх витрат на проведення пошуку

$$Z_i = \sum C_i g_i, \quad (1.10)$$

де C_i – загальна вартість перевірок для виявлення i -го елемента, який відмовив;

g_i – імовірність того, що відмова об'єкта обумовлена відмовою i -го елемента.

Критерій мінімаксу: найкраща послідовність перевірок – та, при якій максимальна вартість елемента, який відмовив, є найменшою в порівнянні з іншими послідовностями. Доцільна послідовність при наявності одного елемента, який відмовив, встановлюється в порядку збільшення відношення

$$\frac{Z_1}{q_1} > \frac{Z_2}{q_2} > \dots > \frac{Z_n}{q_n}. \quad (1.11)$$

Введення показника вартості переважніше лише часу перевірки, тому що

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

враховується крім часу вартість застосовуваного устаткування, кваліфікація персоналу й інші показники [8].

Метод половинної розбивки. Цей метод дозволяє одержати економічні тести й ґрунтується на математичній теорії інформації. Згідно із цією теорією одержання інформації – це зменшення невизначеності судження про стан об'єкта. Допустимо, об'єкт може перебувати в одному з k станів, кожному з яких відповідає одна несправність. Кожному з названих станів об'єкта відповідає певна ймовірність. Без перевірки технічного стану можна судити про нього із часток невизначеності. Ця невизначеність тем менше, чим ближче до нуля або одиниці ймовірність справного стану об'єкта. Максимальна невизначеність відповідає рівності ймовірностей справного й несправного станів, коли ймовірність справного стану рівна 0,5. Якщо ймовірність несправного стану рівна 0,99, з повною впевненістю можна вважати, що елемент вимагає ремонту. Надалі починаємо з того, що в несправного елемента може бути тільки одна з k несправностей. Передбачити, яка це несправність, можна лише із часток невизначеності. Причому, ця невизначеність тим більше, чим більшу кількість рівноможливих варіантів потрібно розглянути [8].

Основними перевагами аналітичних діагностичних моделей є їхня глибина й повнота описів, але вони складні в розрахунках і не мають інженерну наочність. Щоб усунути ці недоліки, при розробці діагностичних моделей використовують графоаналітичні моделі.

Логічний метод діагностування. Метод, який на відміну від формальних не задає твердих і обов'язкових правил виконання, технологічних переходів. Цей метод також вимагає попереднього переліку всіх можливих в об'єкті дефектів і розробки моделі об'єкта. По своїй сутності логічний метод можна назвати методом гіпотез, тому що пошук дефекту ведеться шляхом перевірки висунутих при аналізі проявів дефекту гіпотез про можливі причини шуканого дефекту. При одержанні результатів виконання тих або інших технологічних переходів висуваються уточнюючі гіпотези про причину дефекту, які також перевіряються до виявлення дефекту. Контроль стану елементів схеми вимагає використання контрольних точок, які забезпечують доступ до провідників, які з'єднують між

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

собою елементи. Практично контрольні точки виконуються у вигляді клем, електричних гнізд, провідників із затисками й т.п.

Розглянемо діагностику схеми, представленої на рис. 1.9. Тут контакти позначені К1, К2, К3, а контрольні точки цифрами 1, 2, 3, 4 [8].



Рисунок 1.9 – Схема з послідовним і паралельним з'єднанням контактів.

Схема справна, якщо кожний з контактів може перебувати в замкненому або розімкнутому стані залежно від керування. Припускаємо, що в схемі може бути тільки одна несправність. У стані кожного із трьох контактів можна переконатися за допомогою трьох перевірок, перевіряючи електричне коло між контрольними точками 1-2, 2-3 і 2-4. Внутрішня контрольна точка (точка 2) не завжди може бути доступна для контролю. У такому випадку, застосовуючи логічний метод контролю кіл по ділянках 1-3, 1-4 або 3-4, можна за три перевірки виявити несправний елемент. Крім того, такий метод дозволяє розв'язати завдання, зменшивши кількість перевірок до двох. Порядок перевірок і їх результати представлені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Результати перевірок схеми

Результат перевірки	Ділянка, яка перевіряється			Елемент, який відмовив
	1-3	1-4	3-4	
001	0	0	1	К1
010	0	1	0	К2
100	1	0	0	К3

У таблиці цифри 1 і 0 відповідають замкненому електричному колу. Таким чином, як показав розглянутий приклад, не завжди необхідно використовувати всі контрольні точки.

Метод застосування теорії графів. Практичний інтерес представляє рішення завдання по діагностиці схеми із застосуванням мінімальної кількості контрольних точок. Розглянемо метод визначення місця розташування й кількості контрольних точок на прикладі (рис. 1.10) [8].



Рисунок 1.10 – Схема з виконавчими елементами

Представлена на рис. 1.10 схема містить п'ять виконавчих контактних елементів K1-K5, кожний з яких управляється відповідною котушкою. Для діагностики схеми виведені контрольні точки 1-6, а для подачі керуючих впливів, які змінюють стан схеми, точки 7-11. Подаючи керуючі впливу на точки 7-11 і визначаючи провідність контактів між точками 1-2, 2-3, 3-4, 3-5, 2-6, можна знайти несправний контакт. Перед нами поставлене завдання – визначити мінімальну кількість контрольних точок і їх розташування. Рішення завдання зручно проводити з використанням теорії графів. Графом називають графічну модель електричної схеми, у якій елементи схеми заміняють ребрами, а з'єднання елементів (електричні провідники) – вершинами (колами), які є контрольними точками. Нижче наведений граф, який розглядає схеми, на ребрах якого (прямі лінії) показані елементи схеми (контакти) і точки, на які потрібно подавати впливу (рис. 1.11) [9].

Виявилось, що контрольні точки у вершинах графа з кількістю ребер більше

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

двох можна для контролю схеми не використовувати (точки 2 і 3). Такі точки



Рисунок 1.11 – Граф схеми

називають надлишковими. Для перевірки розглянутої схеми потрібно подавати вплив в точки 7-11, контрольний вплив, який не приводить до зміни стану схеми (напруга живлення) – у точку 1, а реакції знімати з точок 4, 5, 6. Появу напруги позначимо одиницею, а відсутність – нулем. Тоді кожному несправному елементу відповідає свій код, якщо допустити в схемі наявність тільки однієї несправності. Результати перевірок схеми на 1.11 наведені в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 – Результати перевірок схеми з виконавчими елементами

Номер контрольних точок			Несправний елемент	
4	5	6	граф	схема
0	0	0	1-2	K1
1	1	0	2-6	K5
1	1	1	норма	норма

До недоліків розглянутих методів слід віднести те, що для їхнього застосування необхідна статистична інформація, отримана при діагностуванні

об'єкта. Однак дефекти і їх прояв у даному об'єкті можуть відрізнятися від відомих раніше. Формальні методи в практиці діагностики й налаштування систем через недоліки, властиві їм, використовуються рідко. Більш широке поширення одержав логічний метод.

Можливість виявлення дефектів і прогнозування стану контрольованого вузла або всієї системи в цілому дає *технічна діагностика*. Найбільший ефект при цьому можна одержати за рахунок створення й впровадження в кожному локомотивному депо засобів діагностики на базі обчислювальної техніки й удосконалювання системи планово-попереджувальних ремонтів, а також переходу на ремонт локомотивів по фактичному технічному стану. Розглянемо практичне застосування методів визначення показників надійності системи в експлуатації.

Діагностування електроустаткування локомотивів методом взаємного навантаження. Аналіз струмових навантажень силової схеми, які приводять до утвору джерел його нагрівання, показав можливість діагностування окремих елементів електроустаткування з використанням різних режимів їх роботи.. Визначення перевищень температур обмоток виконано для годинного режиму роботи, по можливості з урахуванням тих видів додаткових втрат, які виникають при роботі на пульсуючому струмі, які піддаються порівняно точному визначенню. Для проведення експериментальних досліджень по виявленню температурних структур тягових двигунів, випробовуваних після заводського ремонту методом взаємного навантаження, був використаний переносний тепловізор.

Температура міді обмотки якоря розрахунковим шляхом з урахуванням охолоджувального повітря склала 105°C . При випробуванні тягових двигунів рухомого складу в експлуатації в годинному режимі температура склала 101°C . У зв'язку з незначною погрішністю розрахункових і експлуатаційних значень, можна зробити висновок про доцільність застосування даної теплового контролю у випробуваннях тягових двигунів.

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2 ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕПЛ2Т

2.1 Аналіз відмов електропоїздів

Аналіз відмов електропоїздів пропонуємо провести відповідно до їх типів, а саме ЕПЛ2Т та ЕР-2, оскільки вони схожі та технічним устаткуванням. При аналізі основних пошкоджень та випадків непланових ремонтів [12] електропоїздів встановлено, які відмови по електропоїздах розподіляються наступним чином (табл. 2.1, 2.2 та рис. 1.1 та 1.2).

Таблиця 2.1 – Розподіл пошкоджень та відмов електропоїздів серії ЕПЛ2Т по всіх типах обладнання

Вузол електропоїзда	Кількість пошкоджень (відмов), одиниць			
	2019	2020	2021	2022
Електричне обладнання силових кіл	41		39	
Електричне обладнання допоміжних кіл	21		9	
Гальмівне обладнання	3		4	
Механічне обладнання	24		9	
Ходові частини	32		26	
Інше обладнання	2		8	
Всього	123		95	

Таблиця 2.2 – Розподіл пошкоджень та відмов електропоїздів серії ЕР-2 по всіх типах обладнання

Вузол електропоїзда	Кількість пошкоджень (відмов), одиниць			
	2019	2020	2021	2022
1	2	3	4	5
Електричне обладнання силових кіл	44	50	35	38

Продовження табл. 2.2

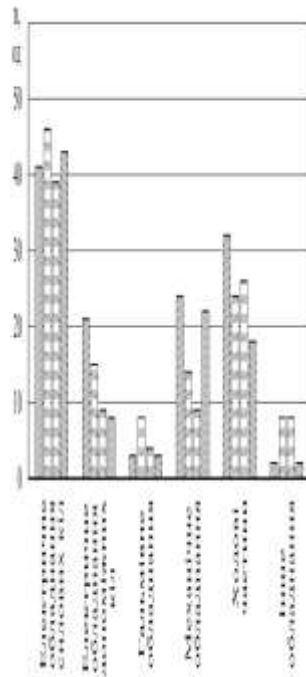
1	2	3	4	5
Електричне обладнання допоміжних кіл	23		2	4
Гальмівне обладнання	1		1	7
Механічне обладнання	16		13	18
Ходові частини	36		27	24
Інше обладнання	7		8	11
Всього	127	107	86	102

Якщо розглядати відмови та пошкодження безпосередньо по всіх типах обладнання, можна відмітити, що найбільша кількість відмов та пошкоджень припадає на електричне обладнання силових кіл та ходові частини.

При розгляді відмов та пошкоджень безпосередньо по електричному обладнанню силових кіл, можна відмітити, що найбільша кількість відмов та пошкоджень припадає на силові комутаційні електричні апарати та тягові електродвигуни (табл. 2.3, 2.4 та рис. 2.3, 2.4).

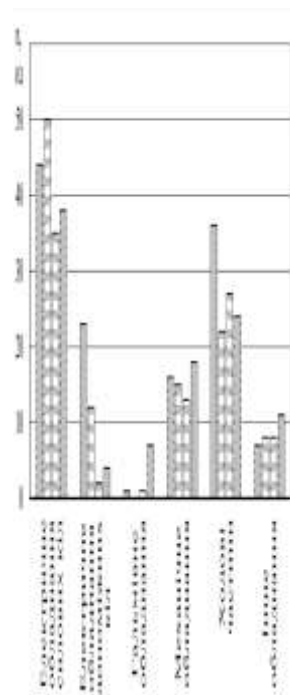
Таблиця 2.3 – Розподіл пошкоджень та відмов по вузлах та системах, які пов'язані з пошкодженням вузлів силового електричного кола електропоїзда серії ЕПЛ2Т

Вузол силового електричного кола	Кількість пошкоджень (відмов), одиниць			
	2019	2020	2021	2022
Тягові електродвигуни	12	11	10	12
Силові комутаційні електричні апарати	14		12	14
Силові некомутаційні електричні апарати	8		6	8
Пантограф	4		6	5
Апарати захисту	0		2	0
Інше обладнання	3		3	4
Всього	41		39	43



■ 2019 ■ 2020 ■ 2021 ■ 2022

Рисунок 2.1 – Розподіл пошкоджень та відмов електропоїздів серії ЕПЛ12Т по всіх типах обладнання



■ 2019 ■ 2020 ■ 2021 ■ 2022

Рисунок 2.2 – Розподіл пошкоджень та відмов електропоїздів серії EP-2 по всіх типах обладнання

Таблиця 2.4 – Розподіл пошкоджень та відмов по вузлах та системах, які пов’язані з пошкодженням вузлів силового електричного кола електропоїзда серії EP-2

Вузол силового електричного кола	Кількість пошкоджень (відмов), одиниць			
	2019	2010	2019	2012
Тягові електродвигуни	11	13	10	9
Силові комутаційні електричні апарати	14		11	13
Силові некомутаційні електричні апарати	8		5	7
Пантограф	6		4	4
Апарати захисту	0		2	1
Інше обладнання	5		3	4
Всього	44	50	35	38

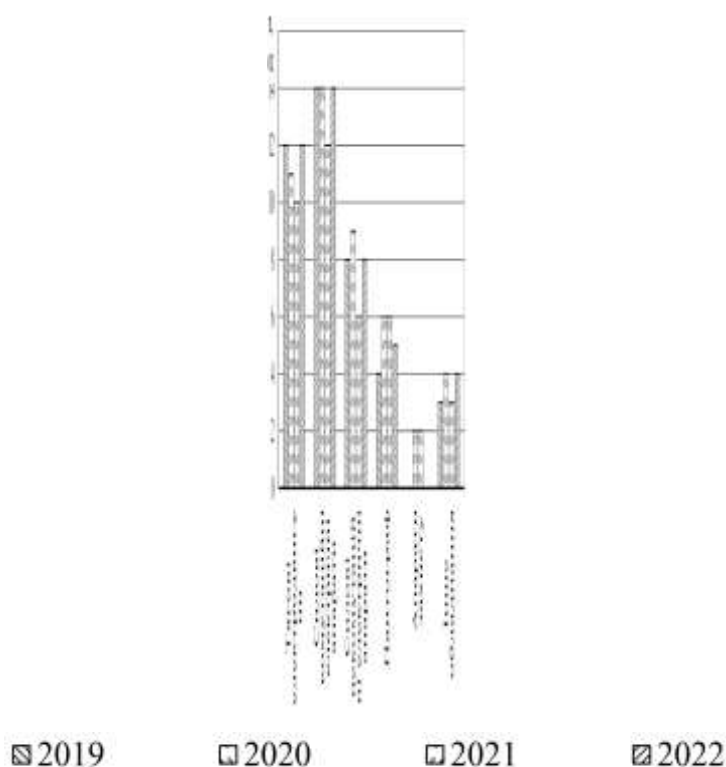


Рисунок 2.3 – Розподіл пошкоджень та відмов по вузлах та системах, які пов’язані з пошкодженням вузлів силового електричного кола електропоїзда серії ЕПЛ2Т

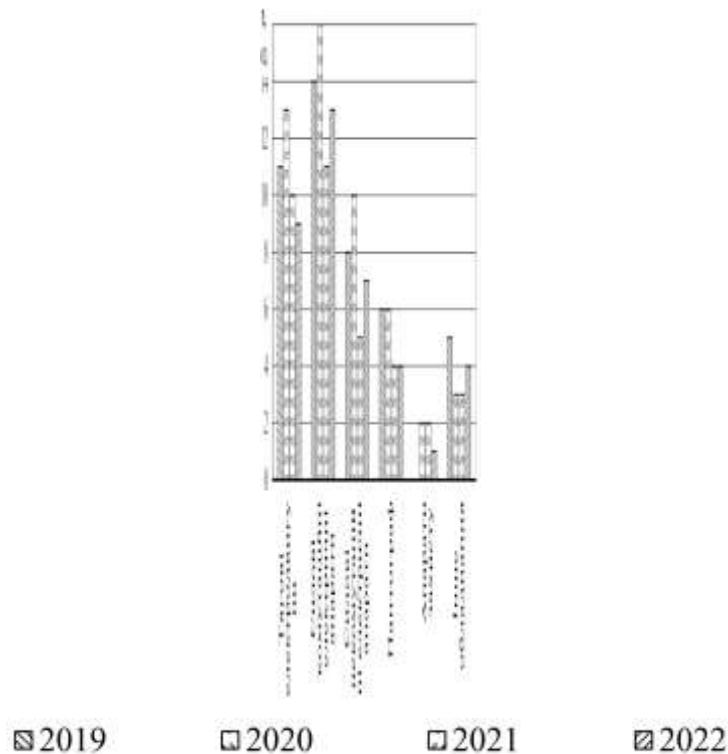


Рисунок 2.4 – Розподіл пошкоджень та відмов по вузлах та системах, які пов’язані з пошкодженням вузлів силового електричного кола електропоїзда серії EP-2

Бачимо, що найбільша кількість відмов припадає на силові комутаційні електричні апарати та тягові електродвигуни. Якщо більш детально розглядати силові комутаційні електричні апарати, то можна виділити вузли, які мають найменшу надійність (табл. 2.5, 2.6 та рис. 2.5, 2.6).

Таблиця 2.5 – Розподіл пошкоджень та відмов силових комутаційних електричних апаратів електропоїзда серії ЕПЛ2Т

Силовий комутаційний електричний апарат	Кількість пошкоджень (відмов), одиниць			
	2019	2020	2021	2022
1	2	3	4	5
Контактор ШВ	1		1	1
Контактор ЛК	6		4	6
Контактор ЛКГ	4		4	4
Контактор ГП-М	0		1	1
Контактор Р	1		1	0

Продовження табл. 2.5

1	2	3	4	5
Інше обладнання	2	2	1	2
Всього	14	14	12	14

Таблиця 2.6 – Розподіл пошкоджень та відмов силових комутаційних електричних апаратів електропоїзда серії EP-2

Силовий комутаційний електричний апарат	Кількість пошкоджень (відмов), одиниць			
	2019	2020	2021	2022
Контактор ШВ	1	0	0	1
Контактор ЛК	4	6	3	4
Контактор ЛКГ	5		3	4
Контактор ГП-М	0		1	1
Контактор Р	1		1	0
Інше обладнання	3		3	3
Всього	14		11	13

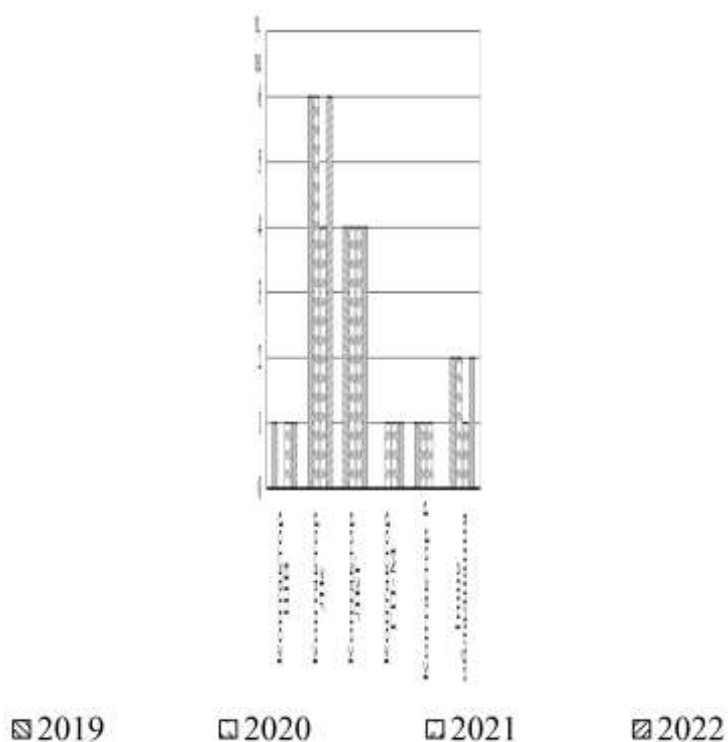


Рисунок 2.5 – Розподіл пошкоджень та відмов силових комутаційних електричних апаратів електропоїзда серії ЕПЛ2Т

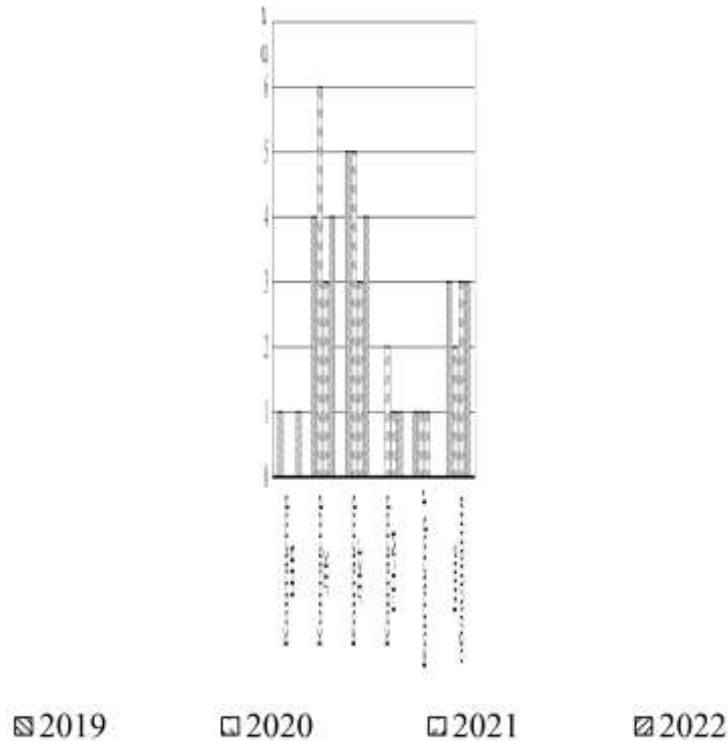


Рисунок 2.6 – Розподіл пошкоджень та відмов силових комутаційних електричних апаратів електропоїзда серії EP-2

На підставі наведених графіків можна стверджувати, що найбільша кількість пошкоджень відмов електропоїздів серії ЕПЛ2Т та EP-2 припадає на лінійні та лінійно-гальмівні контактори серії 1КП-005.

Виходячи з цього, пропонуємо більш детально розглянути основні показники надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т, будову контактора типу 1КП-005 та його основні пошкодження, виконати розрахунок електропневматичного контактора та навести пропозиції підвищення надійності вказаного контактора, оскільки час простою на ремонті через відмови є досить тривалим та трудомісткість ремонту має велике значення.

2.2 Визначення осьовних показників надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т

Завдання забезпечення надійності неминуче виникає на всіх етапах побудови і функціонування технічних систем. Вибір рішень, пов'язаних із забезпеченням підвищення надійності, є однією з головних проблем, що стоять

перед творцем системи.

Одними з основних комутаційних елементів схем управління силового електричного кола електропоїзда, є електропневматичні контактори постійного струму. Головним напрямком їх розвитку як і раніше є зниження матеріальних і трудових витрат на виготовлення та експлуатацію. Це, в свою чергу, висуває все більш високі вимоги до застосовуваних матеріалів і конструкції електричних апаратів, які обмежують вагою, збільшують час експлуатації, роблять їх більш економічними і технологічними. У зв'язку з цим великого значення набувають задачі розрахунку і проектування елементів конструкції контакторів з метою підвищення їх експлуатаційної надійності [13].

Відомості про надійність об'єктів можна одержати на основі використання даних про відмови, що отримані у процесі експлуатації (журнали форми ТУ-152). Без інформації про відмови, що міститься у первинної документації, неможливо визначити показники надійності, виявити недоліки конструкції, ступінь впливу на надійність умов експлуатації й на підставі цих даних прийняти заходи щодо підвищення надійності об'єкта [13]. Але у первинної документації містяться неупорядковані дані, з яких важко доглянути будь-яку закономірність. Дані наводимо в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 – Пробіг до відмови електричних апаратів

В кілометрах

Пробіг до відмови							
267	1097	1303	1810	2126	2448	2572	2995
272	1128	1355	1849	2159	2459	2655	3047
746							3150
984							3201
1022							3263
1056							3593
1087	1303	1794	2046	2397	2572	2974	3706

Діапазон зміни значень напрацювань [14] електричних апаратів, у середині якого мали місце відмови, визначаємо за формулою:

$$R = l_{max} - l_{min}; \quad (2.1)$$

$$R = 3706 - 267 = 3439 \text{ км.}$$

Для розрахунку величини інтервалу Δl в км використовуємо формулу:

$$\Delta l = \frac{R}{1 + 3,322 \cdot \lg N}, \quad (2.2)$$

де N – кількість об'єктів спостереження, $N=55$ електричних апаратів.

$$\Delta l = \frac{3439}{1 + 3,322 \cdot \lg 55} = 505 \text{ км.}$$

Кількість інтервалів визначаємо, виходячи зі такого співвідношення:

$$k = \frac{R}{\Delta l}, \quad (2.3)$$

$$k = \frac{3439}{505} = 6,81.$$

Величину інтервалу округлюємо в більшу сторону до цілого значення. Приймаємо $k = 7$.

Після цього проводимо об'єднання по інтервалах в табл. 2.8.

Середні значення напрацювань в i -му інтервалі визначаємо за формулою:

$$\bar{l}_i = \frac{l_{поч.i} + l_{кін.i}}{2}, \quad (2.4)$$

де $l_{поч.i}$ – початкова величина напрацювання електричних апаратів в i -му інтервалі, км;

$l_{кін.i}$ – кінцева величина напрацювання електричних апаратів в i -му інтервалі, км.

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.8 – Результати розрахунку характеристик напрацювання електричних апаратів до відмови

Межа інтервалу		Середнє значення напрацювання в інтервалі, км	Абсолютна частота відмов	Відносна частота відмов	Відносна накопичена частота відмов	Щільність імовірності настання відмови
267	759	506,5	3	0,054	0,054	0,000106
760		1012,5	7		0,179	0,000248
1266		1518,5	10		0,357	
1772		2024,5	14		0,607	
2278		2530,5	12		0,821	
2784		3036,5	8		0,964	0,000283
3290	3706	3542,5	2	0,036	1,000	0,000071

Відносну частоту відмов [14] електричних апаратів m_i обчислюємо за формулою:

$$m_i = \frac{n_i}{N}. \quad (2.5)$$

Для першого інтервалу

$$m_1 = \frac{3}{55} = 0,054.$$

Відносна накопичена частота відмов електричних апаратів m'_i утворюється шляхом додавання попереднього значення відносної накопиченої частоти до поточного значення відносної частоти:

$$m'_i = m'_{i-1} + m_i. \quad (2.6)$$

Для першого інтервалу

$$m'_1 = 0 + 0,054 = 0,054.$$

Щільність імовірності настання відмови [14] електричних апаратів $\bar{f}(l_i)$ визначаємо за формулою:

$$\bar{f}(l_i) = \frac{n_i}{\Delta l \cdot N}. \quad (2.7)$$

Для першого інтервалу

$$\bar{f}(l_1) = \frac{3}{505 \cdot 55} = 1,06 \cdot 10^{-4}$$

Середнє напрацювання [14] електричних апаратів до першої відмови визначаємо за формулою:

$$\bar{l} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^k n_i \cdot \bar{l}_i; \quad (2.8)$$

$$\begin{aligned} \bar{l} &= \frac{1}{55} (3 \cdot 506,5 + 10 \cdot 1012,5 + 7 \cdot 1518,5 + 14 \cdot 2024,5) + \\ &+ \frac{1}{55} (12 \cdot 2530,5 + 8 \cdot 3036,5 + 2 \cdot 3542,5) = 2006 \text{ км.} \end{aligned}$$

Визначаємо середнє квадратичне відхилення [14] відмов електричних апаратів:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\bar{l}_i - \bar{l})^2 \cdot n_i}{N}}; \quad (2.9)$$

$$\begin{aligned} \sigma &= \sqrt{\frac{(506,5 - 2006)^2 \cdot 3 + (1012,5 - 2006)^2 \cdot 10 + (1518,5 - 2006)^2 \cdot 7 + (2024,5 - 2006)^2 \cdot 14}{55} +} \\ &+ \sqrt{\frac{(2530,5 - 2006)^2 \cdot 12 + (3036,5 - 2006)^2 \cdot 8 + (3542,5)^2 \cdot 2}{55}} = 788,3 \text{ км.} \end{aligned}$$

Коефіцієнт варіації

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v = \frac{\sigma}{l}; \quad (2.10)$$

$$v = \frac{788,3}{2006} = 0,393.$$

За результатами розрахунків будуюмо графік розподілу частоти, щільність імовірності розподілу напрацювань електричних апаратів (рис. 2.7) та кумулятивну криву відмов електричних апаратів (рис. 2.8).

Для побудови гістограми розподілу відмов електричних апаратів по осі абсцис відкладаємо межі інтервалів, а по осі ординат відповідні частоти n_i . Для кожного інтервалу будуюмо прямокутник шириною Δl та висотою n_i і з'єднуються середини інтервалів. Щільність імовірності розподілу напрацювань електричних апаратів $\bar{f}(l_i)$ будуюмо на спільній з гістограмою осі абсцис, а масштаб осі ординат підбираємо так, щоб висота i -го прямокутника гістограми n_i співпадала зі значенням $\bar{f}(l_i)$. Кумулятивну криву відмов електричних апаратів будуюмо аналогічно, тільки по осі ординат відкладаємо значення накопиченої частоти m_i' . На обох рисунках позначаємо та вказуємо значення \bar{l}_i .

2.3 Визначення кількісних характеристик надійності за статистичними даними поу відмови електроапаратів електропоїзда ЕПЛ2Т

Вихідні дані для розрахунку кількісних характеристик надійності електроапаратів електропоїзда ЕПЛ2Т наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Вихідні дані для розрахунку кількісних характеристик надійності електричних апаратів електропоїзда ЕПЛ2Т

Межа інтервалу, км		Кількість відмов
1	2	3
254	759	3

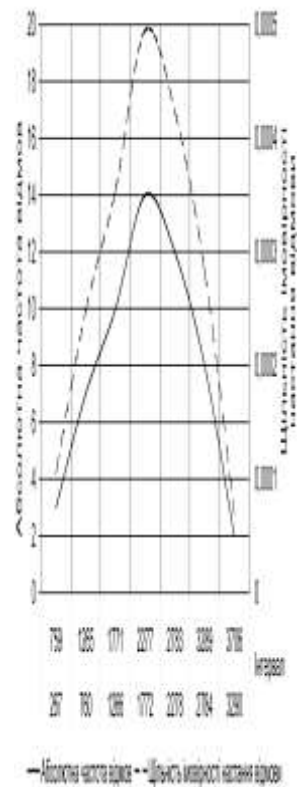


Рисунок 2.7 – Графік частоти відмов та щільності імовірності наростання відмови електричних апаратів

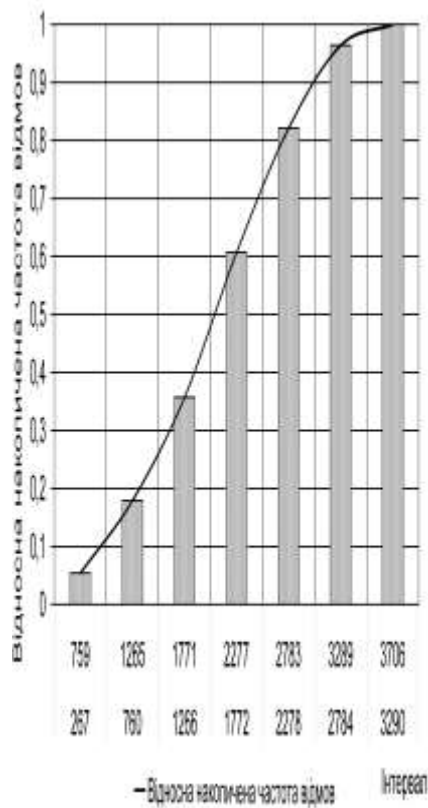


Рисунок 2.8 – Кумулятивна крива частоти відмов електричних апаратів

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.180157.000.03MP.ПЗ

Продовження табл. 2.9

1	2	3
760	1265	7
	1771	
	2277	
	2783	
	3289	
3290	3795	2

Ймовірність безвідмовної роботи [14] за статистичними даними про відмови електричних апаратів визначаємо за формулою:

$$P^c(l) = \frac{N - n(l)}{N}, \quad (2.11)$$

де $n(l)$ – кількість електричних апаратів, які відмовили за час l .

Ймовірність відмови електричних апаратів за статистичним даними розраховуємо за формулою:

$$Q^c(l) = \frac{n(l)}{N}. \quad (2.12)$$

Частота відмов за статистичним даними про відмови електричних апаратів визначається виразом

$$f^c(l) = \frac{\Delta n(l)}{N \cdot \Delta l}, \quad (2.13)$$

де $\Delta n(l)$ – кількість об'єктів, що відмовили протягом пробігу Δl .

Інтенсивність відмов за статистичним даними про відмови [14] електричних апаратів визначаємо за формулою:

$$\lambda^c(l) = \frac{\Delta n(l)}{N_{сер}(l) \cdot \Delta l}, \quad (2.14)$$

де $N_{сер}(l)$ – кількість працездатних об'єктів в середині інтервалу напрацювання Δl .

Середнє напрацювання безвідмовної роботи [14] електричних апаратів за статистичними даними оцінюється виразом

$$L_{сер}^c = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N l_i, \quad (2.15)$$

де l_i – час безвідмовної роботи i -го об'єкта.

Розрахунки зводимо в табл. 2.10.

Графічна інтерпретація кількісних характеристик надійності наведена на рис. 2.9-2.11.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків кількісних характеристик надійності за статистичними даними про відмови електроапаратів

Межа інтервалу, км		Середнє напрацювання в інтервалі	Кількість відмов за напрацювання	Ймовірність безвідмовної роботи $P^c(l)$	Імовірність відмови $Q^c(l)$	Частота відмов $f^c(l)$	Інтенсивність відмов $\lambda^c(l)$
254	759	506,5	3	1,00	0,00	0,00000	0,0000
2278	3795	2530,5	12	0,39	0,61		0,0010
2784		3036,5	8	0,18	0,82		0,0015
3290		3542,5	2	0,04	0,96		0,0026

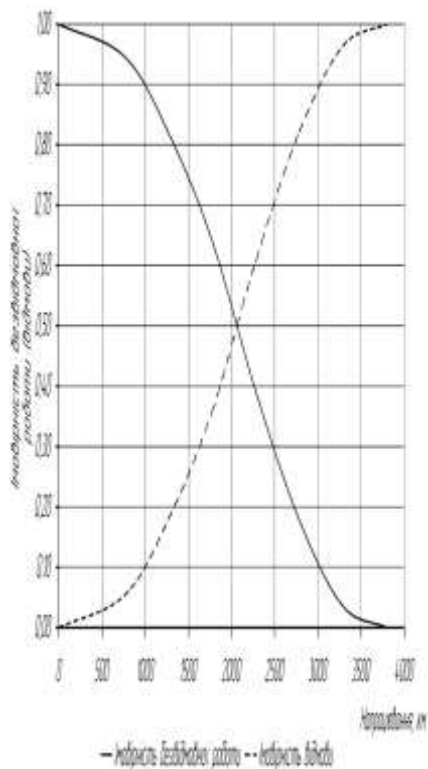


Рисунок 2.9 – Імовірність безвідмовної роботи $P^c(l)$ та імовірність відмови $Q^c(l)$ електричних апаратів

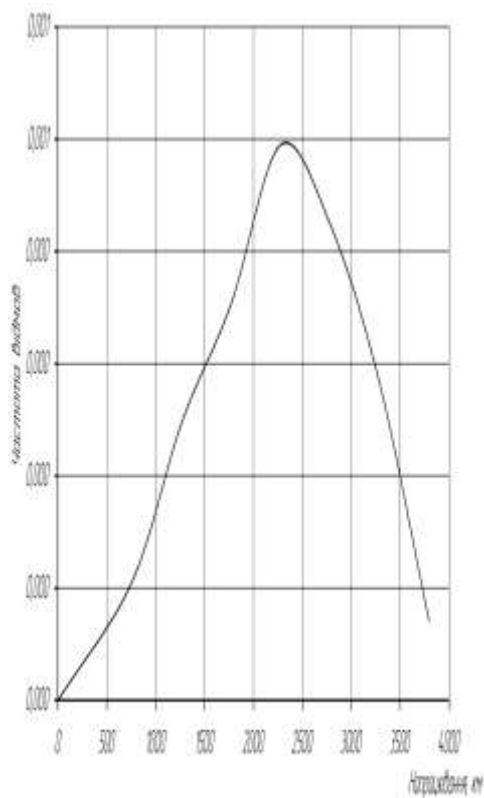


Рисунок 2.10 – Частота відмов $f^c(l)$ електричних апаратів

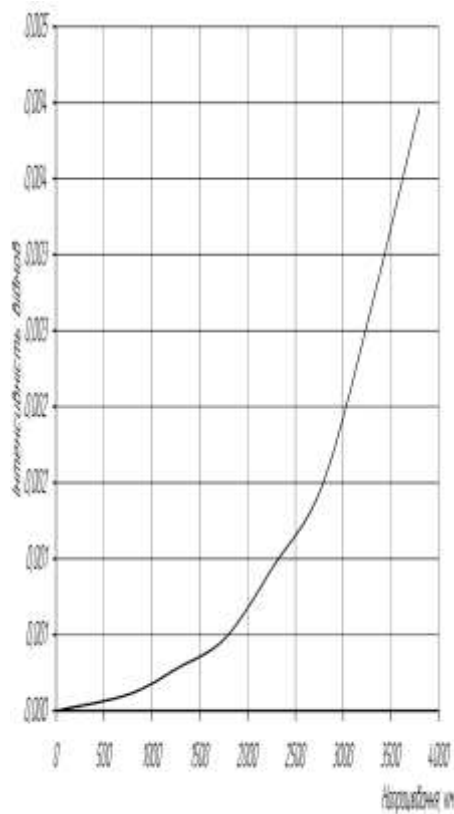


Рисунок 2.11 – Інтенсивність відмов $\lambda^c(l)$ електричних апаратів

2.4 Вибір об'єкту підвищення надійності

На підставі кривих частоти відмов та щільності імовірності наростання відмови електричних апаратів можна стверджувати, що посилене технічне обслуговування електроапаратів слід виконувати до пробігу 1500 км, а ремонт зі зняттям з ТРС до 2000 км.

Дані про відмови для розрахунку показників надійності взяті для всіх електричних апаратів електропоїздів. Для підвищення надійності обираємо електроапарат, який є найбільш навантаженим в силових колах електричної схеми:

- роз'єднувач головний типу 1РВ-002;
- лінійний, лінійно-гальмівний контактор типу 1КП-005 (рис. 2.12).

2.5 Огляд будови контактора типу 1КП-005 та ціліз його осієвних пошкоджень

На електропоїздах з електричним гальмуванням в якості лінійних, лінійно-

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

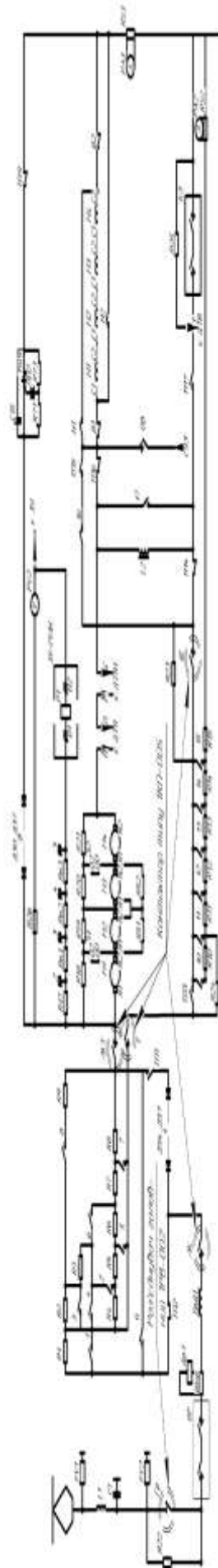


Рисунок 2.12 – Електрична схема силових кіл головного вагона електропоїзда ЕП12Т

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0032.180157.000.03MP.ПЗ

Арк.

47

гальмівних, гальмівних контакторів та контакторів ослаблення збудження застосовують електропневматичний контактор типу 1КП-005.

Він складається на ізоляційної стійці 24 (рис. 2.13), у верхній частині якої закріплений кронштейн з нерухомим головним контактом 25. На тому ж кронштейні встановлюють дугогасильну котушку з сердечником і дугогасильний контакт 6, ізольований від головного контакту.

В циліндрі приводу 17 є поршень, шток та відключаюча пружина. Стисле повітря в циліндр поступає від електропневматичного вентиля 15, розташованого в горизонтальному положенні. Верхня частина штока з'єднана з ізолятором 19, на якому укріплені головний і дугогасильний рухомі контакти, дугогасильних ріг, тримач і притираюча пружина. Силкові проводи підходять до контактору з заднього боку стійки 24: один провід – до кронштейна нерухомих контактів, інший – за допомогою шунта 21 з'єднаний з рухомими контактами.

Найбільш характерні пошкодження наводимо у вигляді табл. 2.11 (відповідно до рис. 2.13).

Таблиця 2.11 – Пошкодження та несправності контактора типу 1КП-005

Позначення	Опис пошкодження або несправності
А	Підгоряння або зміна профілю голодних контактів
Б	Виплавлення гнучкого шунта
К	Послаблення контактних клем
Л	Послаблення контактних клем

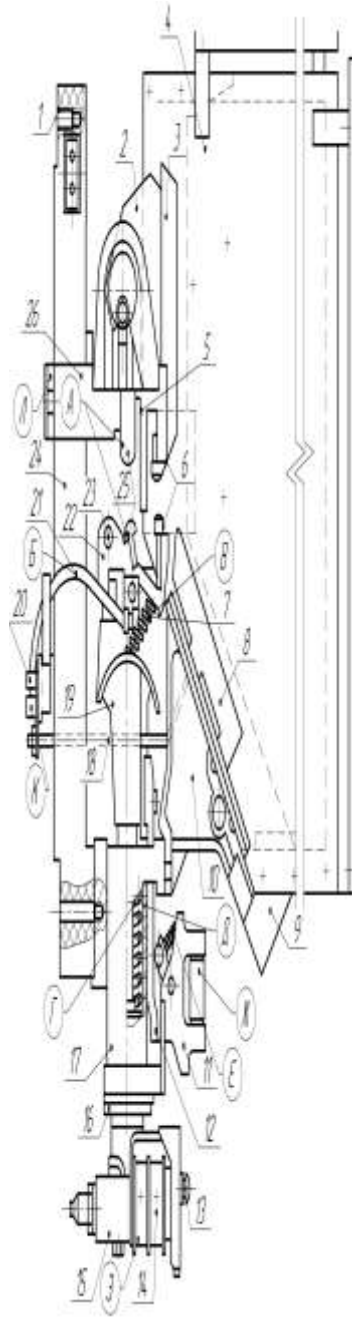


Рисунок 2.13 – Лінійний контактор типу 1КП-005:

1 – різьбова втулка для кріплення контактора; 2 – полюс; 3 – верхній дугогасильний рiг; 4 – перегородка камери; 5 – упорна планка; 6 – дугогасильні контакти; 7 – пружина; 8 – нижній дугогасильний рiг; 9 – пружинний замок; 10 – ізоляційний кронштейн; 11 – допомiжні контакти; 12 – напрямна ізолятора рухомого контакту; 13 – кнопка вентиля; 14 – котушка вентиля; 15 – вентиль; 16 – кришка; 17 – цилiндр; 18 – стрижень; 19 – ізолятор; 20 – зовнішній вивід; 21 – електричне з'єднання; 22 – рухомий контактний утримувач; 23 – вісь; 24 – ізоляційна стійка; 25 – головні контакти; 26 – нерухомий контакт

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Найбільш поширеною несправністю, яка виникає в експлуатації є пошкодження профілю головних контактів. Поверхні контактів контакторів при появі на контактах напливів та застиглих крапель металу, потемніння від перегріву зачищаються дрібним скляним папером або бархатним напилком. При цьому потрібно знімати як можна менше металу і не змінювати профіль контакту. Необхідно також зачищати роги та стінки всередині камери. Забороняється чистити контакти наждачним полотном, так як кристали наждака вриваються в метал і погіршують контакт.

На підставі вищесказаного пропонуємо удосконалення надійності його конструкції.

2.6 Розрахунок електропневматичного контактора типу 1КП-005

Вихідні дані до розрахунку параметрів електропневматичного контактора наводимо у вигляді табл. 2.12.

Розрахунок натискання і ширини контактів [15]. Для електропневматичних контактів використовують типове відношення щільності струму

$$\frac{I_{\infty}}{b_{\kappa}} = 20 \frac{\text{А}}{\text{мм}}, \quad (2.16)$$

де I_{∞} – тривалий струм контактора, мм;

b_{κ} – ширина контактів, мм.

Виходячи з цього, знаходимо ширину контактів

$$b_{\kappa} = \frac{I_{\infty}}{20}; \quad (2.17)$$

$$b_{\kappa} = \frac{400}{20} = 20 \text{ мм.}$$

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Таблиця 2.12 – Основні технічні дані контактора типу 1КП-005

Параметр	Одиниця виміру	Значення параметра
Напруга головного кола:		
- номінальне	В	3000
- найбільше	В	4000
Струм номінальний	А	400
Струм при найбільшій напрузі	А	550
Струм додаткових кіл		
Зазор між контактами:		
- перевищення зазору головних контактів над зазором дугогасильних		
- головних		
- дугогасильних при включеному контакторі		
Довжина лінії контакту		
- головних		
	Н	160-370
	кг/см ²	5,5
Найменша напруга включення	В	55
Опір котушки вентиля	Ом	76
Опір дугогасильної котушки	Ом	0,0055
Перехідний опір контактів	Ом	10
Маса	кг	20

Приймаємо ширину контактів $b_K = 20$ мм.

Натиснення контактів Q_H складає:

$$Q_H = \frac{I_\infty}{b_K} \cdot \frac{I_\infty}{A_K}, \quad (2.18)$$

де A_k – теплова постійна контактів, $A^2 / (\text{мм} \cdot \text{Н})$.

$$Q_H = \frac{400}{20} \cdot \frac{400}{145} = 55 \text{ Н.}$$

Тоді, контактний опір знаходимо за формулою:

$$R_k = \frac{\varepsilon}{Q_H^m}, \quad (2.19)$$

де ε – коефіцієнт, що залежить від матеріалу і конструкції контактів, $\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3}$;
 m – показник ступені, що залежить від типу контактів.

Приймаємо типові для лінійних контактів значення $k_H = 1 \cdot 10^{-3}$ Ом та $m = 0,75$.

$$R_k = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{55^{0,75}} = 2,02 \cdot 10^{-4} \text{ Ом.}$$

Граничний струм контакту, при якому відбуваються структурні зміни (розм'якшення), складає:

$$I_{np} = \frac{0,7 \cdot \Delta U_{стр}}{R_k}, \quad (2.20)$$

де $\Delta U_{стр}$ – падіння напруги на контакті, при якому досягається температура розм'якшення міді, яка дорівнює 190°C , $\Delta U_{стр} = 0,11 \text{ В}$.

$$I_{np} = \frac{0,7 \cdot 0,11}{2,02 \cdot 10^{-4}} = 1555 \text{ А.}$$

Струм плавлення матеріалу контакту складає:

$$I_{пл} = \frac{0,9 \cdot \Delta U_{пл}}{R_k}, \quad (2.21)$$

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

де ΔU_{nl} – падіння напруги на контакті, при якому досягається температура плавлення міді, рівна 1083°C , $\Delta U_{nl} = 0,44 \text{ В}$.

$$I_{nl} = \frac{0,9 \cdot 0,44}{2,02 \cdot 10^{-4}} = 7999 \text{ А.}$$

При робочих перевантаженнях струм через контакти може досягати $2I_{\infty}$, А при аварійних перевантаженнях – $10I_{\infty}$.

Відповідно повинні виконуватись умови

$$I_{np} \geq 2I_{\infty}; \quad (2.22)$$

$$1555 \text{ А} > 800 \text{ А};$$

$$I_{nl} \geq 10I_{\infty}; \quad (2.23)$$

$$7999 \text{ А} > 4000 \text{ А}.$$

Умови виконуються, отже, натискання контактів залишаємо без зміни.

Потужність, що розсіюється на контактах при струмі рівному I_{∞} , складе

$$P = I_{\infty}^2 \cdot R_k; \quad (2.24)$$

$$P = 400^2 \cdot 2,02 \cdot 10^{-4} = 32,32 \text{ Вт.}$$

Розрахунок дугогасильєго пристрою. В процесі гасіння, дуга розтягується до кінцевої довжини, величина якої визначається за формулою:

$$l_{\partial k} = 13 \cdot 10^{-5} \cdot U_n \sqrt[3]{I_p}, \quad (2.25)$$

де U_n – номінальна напруга на контактах, В;

I_p – струм розриву дуги, при розрахунку приймаємо

$$I_p = 2I_{\infty}; \quad (2.26)$$

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_p = 2 \cdot 400 = 800 \text{ A.}$$

$$l_{\partial k} = 13 \cdot 10^{-5} \cdot 3000 \cdot \sqrt[3]{800} = 3,62 \text{ м.}$$

При використанні простої щілинної камери розрив максимального струму $I_p = 2I_\infty$ супроводжується виходом дуги за межі камери на 0,1-0,2 м. З урахуванням цього необхідна для розміщення дуги площа бічної поверхні камери при типовому для контакторів співвідношенні її сторін 1:2 визначається за формулою:

$$S_k = \frac{0,04 I_{\partial k}^2}{k_{\text{нп}}}, \quad (2.27)$$

де $k_{\text{нп}}$ – коефіцієнт використання простору, який враховує форму дуги та залежить від типу камери, для щілинної камери $k_{\text{нп}} = 0,8$.

$$S_k = \frac{0,04 \cdot 3,62^2}{0,8} = 0,655 \text{ м}^2.$$

Площа полюса, через який в камері проходить магнітний потік

$$S_n = 0,6 S_k; \quad (2.28)$$

$$S_n = 0,6 \cdot 0,655 = 0,393 \text{ м}^2.$$

Повітряний зазор в магнітній системі камери, що дорівнює відстані між полюсами, залежить від розрахованої раніше ширини контакту

$$l_g = (b_k + 2b_c + 2b_3) \cdot 10^{-3}, \quad (2.29)$$

де b_c – товщина стінки камери, $b_c = 10$ мм;

b_3 – зазор між контактом і стінкою, $b_3 = 2$ мм.

$$l_g = (20 + 2 \cdot 10 + 2 \cdot 2) \cdot 10^{-3} = 0,044 \text{ м.}$$

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Магніто-рушійна сила дугогасильної котушки

$$F_{\partial} = \frac{B_c \cdot l_{\partial} \cdot \sigma}{\mu_0}, \quad (2.30)$$

де μ_0 – магнітна проникність повітря $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Мн/м;

σ – коефіцієнт розсіювання розглянутої магнітної системи, $\sigma = 1,8$;

B_c – розрахункова середня індукція при розриві тривалого струму I_{∞} ,

$$B_c = 0,01 \text{ Т.}$$

$$F_{\partial} = \frac{0,01 \cdot 0,044 \cdot 1,8}{4\pi \cdot 10^{-7}} = 490 \text{ А.}$$

За отриманим значенням МРС визначаємо число витків дугогасильної котушки

$$\omega_{\partial} = \frac{F_{\partial}}{0,5I_{\infty}}; \quad (2.31)$$

$$\omega_{\partial} = \frac{490}{0,5 \cdot 400} = 2,45.$$

Приймаємо $\omega_{\partial} = 3$ витка.

Далі розраховуємо середній магнітний потік в зазорі між полюсами

$$\Phi_{\partial c} = B_c \cdot S_n; \quad (2.17)$$

$$\Phi_{\partial c} = 0,01 \cdot 0,393 = 0,00393 \text{ Вб.}$$

Середній магнітний потік в осерді котушки

$$\Phi_{\partial c} = \Phi_{\partial c} \cdot \sigma; \quad (2.32)$$

$$\Phi_{\partial c} = 0,00393 \cdot 1,8 = 0,007074 \text{ Вб.}$$

Площа поперечного перерізу осердя повинна бути достатня для виключення насичення сталі (індуктивність насичення сталі $B_H = 0,2 \text{ Т}$) При граничному

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

розривався струмі $I_p = 2I_\infty$

$$S_c = \frac{2\Phi_{кс}}{B_H}; \quad (2.33)$$

$$S_c = \frac{2 \cdot 0,007074}{0,2} = 0,07074 \text{ м}^2.$$

Розраховуємо мінімальний перетин шини

$$S_{шм} = \frac{I_\infty}{j_\partial}, \quad (2.34)$$

де j_∂ – допустима щільність струму. Приймаємо $j_\partial = 6 \text{ А/мм}^2$.

$$S_{шм} = \frac{400}{6} = 66,7 \text{ мм}^2.$$

Вибираємо стандартну шини, у якої перетин найближчий до $S_{шм}$ та $S_{ш} \geq S_{шм}$.

Фактичний перетин шини

$$S_{ш} = h_{ш} \cdot b_{ш}, \quad (2.35)$$

де $h_{ш}$ – висота шини, вибираємо зі стандартного ряду $h_{ш} = 35 \text{ мм}$;

$b_{ш}$ – товщина шини, вибираємо зі стандартного ряду $b_{ш} = 2 \text{ мм}$.

$$S_{ш} = 35 \cdot 2 = 70 \text{ мм}^2;$$

$$70 \text{ мм}^2 > 66,7 \text{ мм}^2.$$

Розрахунок пневматичного приводу. Кінематична схема електропневматичного контактора типу 1КП-005 наведена на рис. 2.14.

Сила тиску повітря

$$Q_{\partialв} = 2,5Q_{тр} + Q'_н, \quad (2.36)$$

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

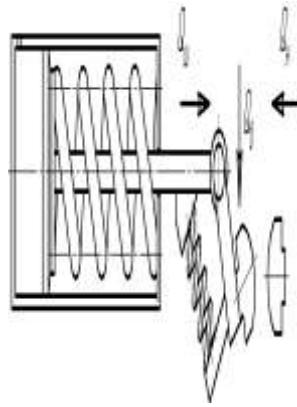


Рисунок 2.14 – Кінематична схема електропневматичного контактора типу 1КП-005:

Q_u – сила, що передається з штока на рухомий важіль; Q_g – вага рухомих частин контактора, прикладених в центрі ваги рухомої системи; Q_H – сила реакції в точці дотику контактів, рівна силі натискання контактів, $Q_H = 370$ Н

де $Q_{тр}$ – сила тертя, що виникає в циліндрі;

Q'_H – приведена сила реакції в точці дотику контактів.

Необхідне навантаження від тиску стисненого повітря визначається за формулою:

$$Q_{об} = \frac{\pi d_n^2}{4} P_{мін} \quad (2.37)$$

де d_n – діаметр поршня, м;

$P_{мін}$ – мінімальний робочий тиск стисненого повітря, що становить 75% від номінального тиску, $P_{мін} = 0,75P_H$; $P_H = 5 \cdot 10^5$ Па.

Сила тертя поршня залежить від діаметра поршня. Величина її розраховується за формулою:

$$Q_{тр} = 5 \cdot 10^3 d_n \quad (2.38)$$

Для розрахунку приведеної сили натискання контактів приймаємо що тиск від штока передається безпосередньо на контакти

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$Q'_H = Q_H; \quad (2.39)$$

$$Q'_H = 370 \text{ Н.}$$

На основі цих виразів отримуємо квадратне рівняння

$$\frac{\pi d_n^2}{4} \cdot 0,75 \cdot 5 \cdot 10^5 = 370 + 2,5 \cdot 5 \cdot 10^3 \cdot d_n. \quad (2.40)$$

При вирішенні рівняння одержуємо $d_n = 0,065$ м. Тоді

$$Q_{mp} = 5 \cdot 10^3 \cdot 0,065 = 325 \text{ Н.}$$

$$Q_{\partial v} = \frac{3,14 \cdot 0,065^2}{4} \cdot 0,75 \cdot 5 \cdot 10^5 = 1243 \text{ Н.}$$

За розрахованим значенням $Q_{\partial v}$ визначаємо силу стиснення пружини, яка відключає контакти

$$Q_{нк} = Q_{\partial v} - Q_{mp} - Q'_v - Q'_H. \quad (2.41)$$

Вага рухомих частин приводу залежить від габаритів контактора, які пов'язані з робочим струмом і, отже, з натисканням контактів. Для розрахунку приймаємо $Q'_v = 0,1Q'_H$.

$$Q'_v = 0,1 \cdot 370 = 37 \text{ Н;}$$

$$Q_{нк} = 1243 - 325 - 37 - 370 = 511 \text{ Н.}$$

Необхідна відстань між контактами залежить від номінального значення напруги U_H

$$h_p = 10^{-5} \cdot U_H;$$

$$h_p = 10^{-5} \cdot 3000 = 0,03 \text{ м.}$$

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Хід поршня наближено можна розрахувати за формулою:

$$h_x = (h_p + h_n) \cdot 1,1, \quad (2.42)$$

де h_n – провал контактів, приймаємо $h_n = 10^{-2}$ м.

$$h_x = (0,03 + 0,02) \cdot 1,1 = 0,055 \text{ м.}$$

При включеному контакторі відключаюча пружина має початковий натяг Q_{nn} за рахунок її стискання при складанні апарату на величину h_0

$$Q_{nn} = h_0 \cdot ж. \quad (2.43)$$

Сила стиснення пружини в кінцевому положенні поршня

$$Q_{nn} + h_x \cdot ж = (h_0 + h_x) ж. \quad (2.44)$$

Зазвичай $h_0 \approx h_x$. Тоді необхідна жорсткість пружини визначається виразом

$$ж = \frac{Q_{нк}}{2h_x}; \quad (2.45)$$

$$ж = \frac{511}{2 \cdot 0,02} = 12775 \frac{\text{Н}}{\text{м}}.$$

$$Q_{nn} = 0,02 \cdot 12775 = 255,5 \text{ Н.}$$

2.7 Поупозиції підвищення надійності контактора

Підвищення надійності пропонуємо для наступних вузлів контактора типу 1КП-005:

– встановити термочутливий електричний елемент (термістор) на верхню частину контактора, що забезпечить контроль теплового стану при удосконаленні бортового діагностичного комплексу;

– на дугогасильні контакти нанести тугоплавке покриття на робочі зони;

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- встановити новий шунт гнучкий рухомого контакту збільшеної площі перетину в 1,5 рази;
- встановити притираючу пружину більшого діаметра;
- допоміжну контактну групу обладнати герметичними контактами.

Робочі та дугогасильні контакти. Дугогасні контакти пропонуємо виконати з дугостійких матеріалів, вони гратимуть основну роль при включенні і відключенні апарату. Замикаються контакти в наступній черговості: спочатку дугогасні, а потім основні. При розмиканні черговість зворотна: спочатку розмикаються основні контакти, розриву електричного кола не відбувається, оскільки весь струм переходить в дугогасні контакти, а потім розмикаються дугогасильні, на яких і виникає електрична дуга.

Застосування такої комбінованої технології дозволить значно зменшити утворення електричної дуги при розриві контактів, а отже зменшити їх зношуваність. В свою чергу це підвищить надійність роботи електропневматичного контактора типу 1КП-005, та підвищить строк його служби.

Виготовляються подібні матеріали за допомогою високошвидкісного електронно-променевого випаровування і подальшої конденсації у вакуумі металевих і неметалевих матеріалів.

Основні переваги вказаних матеріалів:

- не містять срібла і тому в 1,2-2 рази коштують дешевше в порівнянні зі срібловміщуваними матеріалами електроконтактів;
- по експлуатаційній довговічності в 1,5-2,5 разу перевершують всі існуючі електротехнічні матеріали;
- перевершують відомі контактні матеріали по радіаційній і термічній стійкості;
- стабільності, а також зносостійкості, володіють високими тепло- та електропровідністю;
- нові матеріали не підтримують горіння дуги;
- повністю замінюють берилієву бронзу;

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

- забезпечують високу надійність спрацьовування контактів;
- підтримують максимальну величину комутаційного струму до 1200 А.

Матеріали добре обробляються різанням, штампуванням, шліфуванням, свердлінням, легко паяються будь-яким з відомих способів паяння з використанням стандартних срібловмішуючих та безсрібних припоїв.

Економічний ефект від використання обумовлюється впливом трьох чинників:

- збільшенням терміну служби контактів;
- скороченням вартості самих контактів;
- скороченням необхідного робочого часу на обслуговування контактів.

Загальна економія грошових коштів за рахунок використання матеріалів контактів складе 30%-60%.

Існує можливість реставрації контактів шляхом заміни використаної контактної губки на нову, яка дозволяє скоротити необхідний бюджет для придбання контактів на 20-70%.

Для наглядної оцінки ефективності впровадження контактів розрахуємо контактні перехідні опори для мідних площинних контактів встановлених на контакторі типу 1КП-005 заводом виробником, та для нових контактів, які пропонуються їм на заміну:

$$R_{пер} = \frac{\varepsilon}{Q_n^n}, \quad (2.46)$$

де ε – величина, що залежить від форми контакту, матеріалу, способу обробки та стану контактної поверхні, для мідного старого контакту становить

$\varepsilon = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/Н}^{0,5}$, для контакту типу МДК становить

$\varepsilon = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/Н}^{0,5}$;

Q_n – контактне початкове натиснення, $Q_n = 89 \text{ Н}$;

n – показник степені, що характеризує кількість точок торкання, для поверхні $n = 0,75$.

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Контактний перехідний опір для мідних контактів контактора типу 1КП-005:

$$R_{пер} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{89^{0,75}} = 3,45 \cdot 10^{-5} \text{ Ом.}$$

Контактний перехідний опір для нових контактів, що пропонуються на заміну мідним:

$$R_{пер} = \frac{0,3 \cdot 10^{-3}}{89^{0,75}} = 1,03 \cdot 10^{-5} \text{ Ом.}$$

Як бачимо з розрахунку, контактний перехідний опір запропонованих контактів майже в четверо менше ніж стандартних мідних контактів, а отже такі контакти є більш ефективними.

Струмопровідний гнучкий шунт рухомого контакту. Гнучкий шунт зазвичай виконують з круглого провідника. Для шунтів перетином більше 10 мм² та тих, які вигинаються в одній площині краще застосовувати гнучкий плоский провід прямокутного перетину. Такі шунти сплітають з круглих дротів.

Дріт або гнучкий шунт з обривом більше 20% жил у наконечника замінюють. Якщо вони мають достатню довжину, то їх відновлюють видаленням пошкодженої частини та напайкою нового наконечника. Коли довжина дроту або шунта недостатня, а число обірваних жил не перевищує 20 %, перед пайкою наконечника обірвані жили заправляють так, щоб їх вільні кінці щільно прилягали до цільних жил.

Спайку трубчастих наконечників виконують так, щоб жили провідника і наконечник були повністю покриті припоєм, поверхню припою навколо дроти була гладкою, а перехід наплавленого шару від наконечника до жил був плавним. Допускається усадка припою в наконечнику до 1,5 мм. Слід уникати виходу припою між жилами шунта вище наконечника, так як це призводить до швидкого зламу провідника або жил на границі між жорстким (пропаяним) та гнучким (непропаяним) ділянками дроту. Для оберігання гнучкого дроти від зламу іноді краї наконечників розвальцьовують. Неприпустимо зіткнення гнучких шунтів з

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

деталлями сусідніх апаратів та обрив у них понад 25% жил.

Оскільки зустрічаються випадки виплавлення шунта контактора типу 1КП-005 (особливо в гальмівних електричних колах), то пропонуємо застосовувати останні такого ж типу, але збільшеного перетину в 1,5 рази.

Пневматичний циліндр, притираюча пружина. На час горіння дуги впливає швидкість розриву електричних контактів. Вона певним чином залежить від об'єму пневматичного циліндра, типу пневматичного клапана, жорсткості віджимної пружини.

Оскільки пневматичний циліндр з пневматичним клапаном замінювати для серійного виробництва економічно неефективно, то пропонуємо встановлювати віджимну пружину більшої жорсткості. Це вплине на силу остаточного натискання контактів, але згідно розрахунків є деякий запас.

2.8 Технічне оснащення для діагностування та підвищення надійності електрообладнання

Для підвищення надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т пропонуємо впровадити у ремонтному цеху установки для регулювання контакторів, реле та головних роз'єднувачів (рис. 2.15). Оскільки вказана установка є типовою для локомотивних депо та ремонтних заводів, пропонуємо наступне удосконалення її електричної схеми (рис. 2.16):

- додати блок для вимірювання часу спрацьовування головних роз'єднувачів;
- додатково встановити конденсатор надвеликої ємності для можливості короткочасного включення струмів короткого замикання без перевантаження електричних кіл живлення;
- встановити компресор та циліндр для можливості перевірки пневматичних апаратів.

Блок вимірювання часу спрацьовування швидкодіючих вимикачів складається з таймера, який запускається з пропусканням струму короткого замикання, а зупиняється герконним датчиком, який реагує на концентрацію

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

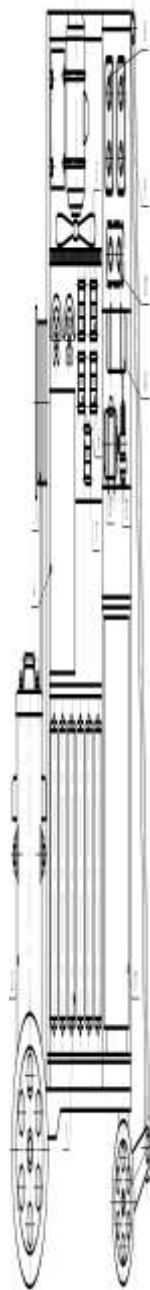


Рисунок 2.15 – Установка для перевірки електричних апаратів:

1 – випрямна установка 3-х фазної змінної напруги; 2 – трансформатор; 3 – переносний кабель; 4 – варіатор трифазної напруги; 5 – вольтметр та амперметр електричного кола високої напруги; 6 – вольтметр та амперметр електричного кола низької напруги; 7 – таймер; 8 – кнопка живлення; 9 – кнопка управління; 10 – кнопка включення конденсатора та таймера; 11 – високоамперний конденсатор; 12 – електродвигун привода компресора; 13 – компресор поршневий; 14 – повітряний резервуар

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

магнітного поля при розриванні магнітопровода (при спрацьовуванні вилового електричного апарата).

Іоністор (суперконденсатор) – це енергонакопичувальний конденсатор, заряд в якому накопичується на межі розділу двох середовищ - електрода та електроліту. Енергія в іоністорі міститься у вигляді статичного заряду. Накопичення відбувається, якщо до його обкладкам буде прикладена різниця потенціалів (постійна напруга). Концепція створення іоністорів з'явилась нещодавно, і в даний час вони зайняли свою нішу застосування. Іоністори успішно можуть замінити хімічні джерела струму в якості резервного або основного джерела живлення.

Якщо звичайний конденсатор являє собою обкладки з фольги, розділені сухим сепаратором, то іоністор - це комбінація конденсатора з електрохімічною батареєю. У ньому застосовуються спеціальні обкладки й електроліт. В якості обкладок використовуються матеріали одного з трьох типів: обкладки великої площі на основі активованого вугілля, оксиди металів й провідні полімери. Використання високопористих вугільних матеріалів дозволяє досягти щільності ємності близько 10 Ф/см^3 і більше. Іоністори на базі активованого вугілля найбільш економічні у виготовленні. Їх ще називають двошаровим або DLC-конденсаторами, тому що заряд зберігається в подвійному шарі, що утворюються на поверхні обкладання.

Електроліт іоністорів може бути водним або органічним. Іоністори на основі водного електроліту володіють невеликим внутрішнім опором, але напруга заряду для них обмежена 1 В. А іоністори на основі органічних електролітів мають більш високим внутрішнім опором, але забезпечують напруга заряду 2-3 В.

Для живлення електронних схем потрібні більш високі напруги, чим забезпечують іоністори. Для отримання потрібної напруги їх включають послідовно. 3-4 іоністора забезпечують напругу достатньої величини. Величина енергетичної ємності конденсаторів вимірюється в пікофарад, нанофарадах і мікрофарадах, в той час як ємність іоністорів (суперконденсаторів) насправді величезна і вимірюється у Фарадах (Ф). У іоністорів досяжна енергетична щільність від 1 до 10 Вт/кг. Вона більше, ніж у типових конденсаторів, але

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

менше, ніж в акумуляторів. Щодо низький внутрішній опір іоністорів забезпечує хорошу провідність.

Іоністор в електричну схему пропонуємо встановити паралельно силовому електричному колу з силовим контактором (рис. 2.17).

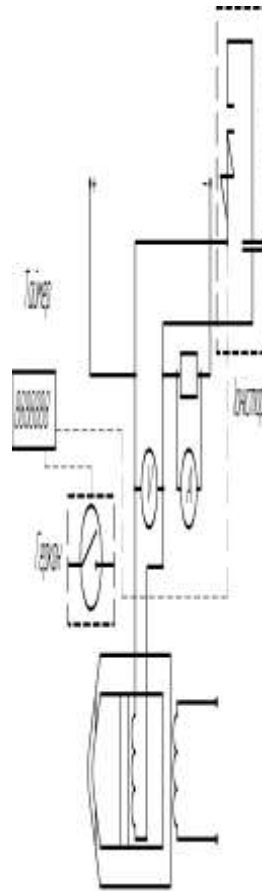


Рисунок 2.17 – Схема підключення іоністора та таймера з вимикаючим геконом

Іоністор може запасати енергію, приблизно рівну 1/10 енергії акумулятора. У той час як акумулятор видає відносно постійну робочу напругу, напруга на іоністорі знижується лінійно від робочого значення до нуля і йому не притаманні такі плоскі зони характеристики розряду, як у акумуляторів. З цієї причини іоністор не здатен утримувати повний заряд. Ступінь його заряду визначається у відсотках і залежить в першу чергу від того середовища, в якому він застосовується. в електричне коло стенда

Іоністор забезпечить короткочасне проходження струмів короткого замикання без перевантаження електричного кола живлення.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

3 РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ З ПОЛІПШЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПІД ЧАС ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ, РЕМОНТУ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ЕЛЕКТРОПОЇЗДА ЕПЛ2Т

3.1 Розрахунок освітлення дільниці по ремонту та налаштуванню електричних апаратів

Для покращення умов охорони праці пропонуємо переоснастити освітлення дільниці по ремонту та налаштуванню електричних апаратів. Для цього необхідно визначити розмір площі, на якому будуть розміщуватись світильники, визначити їх кількість та висоту їх підвішування.

Визначимо норми освітленості та розрахункову висоту для дільниці.

Робота, що пов'язана з ремонтом електроапаратів відноситься до ремонтно-механічного виробництва, яке характеризується високою точністю зорової роботи. Тому нормована освітленість системи загального освітлення для класу *IVa*, який характеризує даний вид роботи, складає 300 лк.

Для розрахунків приймаємо коефіцієнт віддзеркалювання стін $\rho_c = 0,1$, коефіцієнт віддзеркалювання стелі $\rho_n = 0,3$, коефіцієнт віддзеркалювання робочої поверхні $\rho_p = 0,1$.

Розрахунок освітлення будемо виконувати за методом коефіцієнта використання.

Розрахункова висота приміщення визначається за формулою:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (3.1)$$

де H – висота приміщення, м, $H = 4$ м;

h_p – висота робочої поверхні, м, приймаємо $h_p = 1,2$ м;

h_c – висота підвішування світильників, $h_c = 2,5$ м.

$$h = 4 - 1,2 - 2,5 = 0,3 \text{ м.}$$

Коефіцієнт використання U освітлювальної установки показує, яка частина

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

світлового потоку потрапляє на робочу поверхню

$$U = \frac{\Phi_l}{n \cdot \Phi_p}, \quad (3.2)$$

де Φ_p – світловий потік, який потрапляє на робочу поверхню;

n – кількість рядів світильників;

Φ_l – світловий потік лампи.

Коефіцієнт використання U залежить від типу світильника (його ККД та кривої сили світла), коефіцієнта відображення стін ρ_c , стелі ρ_n , робочої поверхні ρ_p та показника приміщення φ , який враховує відношення розмірів приміщення:

$$\varphi = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (3.3)$$

де a, b – ширина та довжина приміщення.

Враховуючи те, що освітлення розраховується для ділянки, тобто закритого приміщення, то розмірами a та b вважаємо площу цього приміщення.

Сумарний світловий потік, необхідний для забезпечення заданого мінімального освітлення, визначається за формулою

$$\Phi_p = \frac{E \cdot A \cdot K_z \cdot Z}{n \cdot U}, \quad (3.4)$$

де E – нормоване значення освітлення, лк;

A – площа робочої поверхні приміщення, м²;

K_z – коефіцієнт запасу, приймаємо $K_z = 1,5$;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості, який дорівнює відношенню освітленості E_{cp} до нормованої мінімальної E .

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Значення Z для освітлювальних установок, в яких можна не враховувати затемнення обладнаних робочих місць, залежить від відношення L/H_p . Для ламп розжарювання та ДРЛ рекомендується $Z = 1,15$, для люмінесцентних ламп при рівномірному розміщенні світильників $Z = 1,1$.

Площа приміщення буде дорівнювати

$$A_1 = a \cdot b, \quad (3.5)$$

$$A_1 = 4 \cdot 6 = 24 \text{ м}^2.$$

Для освітлення ділянки передбачаємо використання світильника ЛСП-65 з люмінесцентними лампами ЛБ65-7, при чому один ряд світильників освітлює смугу шириною два метри, а всього для освітлення першої зони передбачається два ряди світильників вздовж його сторони. Для даного світильника крива сили світла Д-2. Тоді коефіцієнт використання освітлювальної установки U дорівнює 69%.

Показник приміщення визначається за формулою:

$$\varphi_1 = \frac{4 \cdot 6}{0,3 \cdot (4 + 6)} = 8.$$

Сумарний світловий потік визначається за формулою:

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{2 \cdot 0,19} = 31263 \text{ лм.}$$

Оскільки в світильник встановлюється одна лампа ЛБ потужністю 50 Вт та світловим потоком $\Phi_l = 4300$ лм, то необхідна кількість світильників в ряді розраховується

$$N = \frac{\Phi_p}{\Phi_l}, \quad (3.6)$$

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N = \frac{31263}{4300} = 7,27;$$

приймаємо $N=7$.

Розташовуємо світильники на схемі площі дільниці переважно над робочими місцями. Схема розташування світильників в відділенні та схема світильника наведена на рис. 3.1.

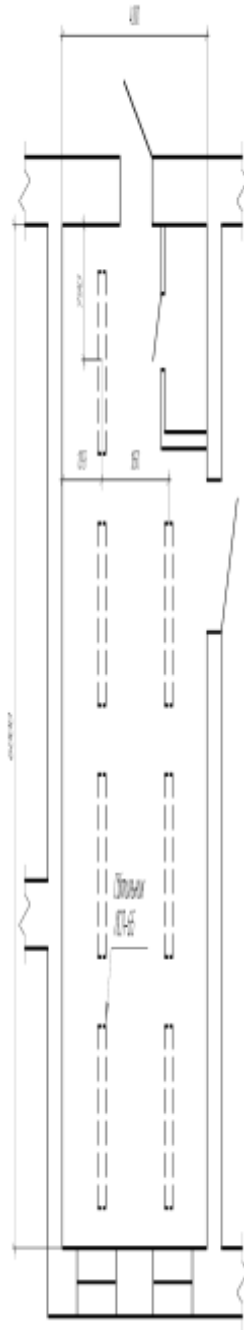


Рисунок 3.1 – Схема освітлення дільниці по ремонту та налаштуванню електричних апаратів

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

3.2 Розробка інструкції з охороуни праці при ремонті електроапаратів

При діагностуванні та виконанні ремонту електроапаратів на стенді необхідно надати слюсарю інструкцію з охорони праці при проведенні діагностування та ремонту електроапаратів. Інструкція наведена в додатку А.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТАКТОРА ТИПУ 1КП-005

В сучасних умовах збільшення обсягів перевезень та зростання вартості споживаних ресурсів, забезпечення стійкого фінансового становища залізниць нерозривно пов'язане з рішенням проблеми подовження строку експлуатації тепловозів.

Кожна галузь залізниці представляє конкретні заходи щодо подовження строку експлуатації та методи їх реалізації.

Впровадження на залізничному транспорті новітніх технологій, що забезпечують перетворення потенційних досягнень науково-технічного прогресу в реальні, як правило, пов'язано з економічними проблемами, тобто раціоналізації використання всіх видів матеріальних, технічних, трудових, вартісних (фінансових) та інших ресурсів [16].

В сучасних умовах недостатньо здійснювати раціоналізацію інвестиційної діяльності. Економічний вплив на виробництво повинен починатися з оцінки техніко-економічної ефективності впроваджень, що охоплюють всі стадії структурного циклу науково-технічного прогресу: наукові розробки з фундаментальними, прикладними дослідженнями й проектно-конструкторськими роботами – впровадження нововведень (з освоєнням та випуском) – суспільне споживання (з реалізацією нововведення й наступною його експлуатацією). При цьому необхідно враховувати тривалість інноваційного періоду. На залізничному транспорті така оцінка повинна відбивати як особливості різних господарств та служб, так та забезпечувати комплексність оцінки всього єдиного господарського механізму галузі. Завдання ускладнюється багатоваріантністю підходів й альтернативність рішень у різних частинах залізничної транспортної системи, невизначеністю результатів, необхідністю обліку різноманітних факторів (соціальних, екологічних й ін.). Наявність у ринкових умовах розгалуженої системи забезпечення інноваційного процесу з різними джерелами фінансування (власні, позикові, притягнуті кошти підприємств галузі та ін.) різними методами інвестування (бюджетного, фондового, кредитний, самофінансування й т.п.)

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

припускає, що при оцінці техніко-економічної ефективності впроваджень останні доцільно класифікувати за рівнем значимості: загально-галузеві, регіональні, місцеві. У загальному виді ефективність використання ресурсозберігаючих інновацій на залізничному транспорті припускає одержання наступних видів ефекту:

- економічний (показники враховують у вартісному вираженні всі види результатів та витрат, обумовлених реалізацією впровадження);
- науково-технічний (показники відбивають новизну, простоту, корисність, естетичність, компактність впровадження);
- фінансовий (розрахунок показників базується на визначенні фінансових показників):
- ресурсний (показники відбивають вплив вкладень на обсяг виробництва й споживання того або іншого виду ресурсу);
- соціальний (показники враховують соціальні результати реалізації впровадження);
- екологічний (показники враховують вплив впровадження на навколишнє середовище).

Показники ефекту визначаються залежно від періоду часу, тривалість якого залежить від тривалості інновації, циклу, строку служби об'єкта, ступеня вірогідності вихідної інформації.

Загальним принципом оцінки ефективності впровадження є порівняння ефекту (результату) та витрат. Відношення результату до витрат може виражатися в натуральних та вартісних показниках.

У цілому проблема визначення економічного ефекту й вибору кращого варіанта реалізації вкладень вимагає, з одного боку, перевищення кінцевих результатів від їхнього використання над витратами на розробку, виготовлення й реалізацію, а з іншого – порівняння отриманих при цьому результатів з результатами від застосування інших аналогічних по призначенню варіантів. Особливо важливо швидко оцінку й вибір варіанта здійснювати там, де використовують прискорену амортизацію, при якій строки заміни діючих машин, механізмів й устаткування на нове істотно скорочуються.

В умовах реформування залізничного транспорту України виникає гостра

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

потреба в розробці окремої галузевої методики з оцінки ефективності ресурсозберігаючих інноваційних проектів з розробкою відповідної нормативної бази на різних стадіях капіталовкладень.

Визначення техніко-економічної ефективності організаційно-технічних засобів, які пов'язані з впровадженням нових технологій, є необхідним не тільки покращання якісних та кількісних показників ремонту, але та зменшення собівартості продукції та проведення ремонту.

В роботі запропоновані методи підвищення надійності контакторів електропоїздів. Розглянемо економічну ефективність запропонованих модифікацій.

4.1 Розрахунок витрат на ремонт до модернізації

При проведенні кожного ремонту ПР-1 (9 місяців) перевіряють стан контактної групи візуально та за допомогою шаблонів. Як правило контактну групу замінюють на нову, а несправну ремонтують.

При проведенні ремонту залучені слюсарі п'ятого розряду.

Вартість однієї контактної групи складає 27,5 грн. Час, що витрачається на заміну одного комплекту з необхідними перевірками складає 15 хв. (0,25 год). На одному тепловозі перевірці підлягають шість контактних груп.

Матеріальні витрати B_m на ремонт контактних груп за існуючою технологією складають

$$B_m = C \cdot m, \quad (4.1)$$

де C – витрати на ремонт контактної групи за існуючою технологією,

$$C = 27,50 \text{ грн};$$

m – кількість контактних груп на один вагон електропоїзда, $m = 4$.

$$B_m = 27,50 \cdot 4 = 110 \text{ грн.}$$

Витрати на оплату праці $B_{з/п}$ слюсарів складають

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{з/н} = ГТС \cdot t \quad (4.2)$$

де $ГТС$ – годинна тарифна ставка слюсаря п'ятого розряду, $ГТС = 23,2$ грн/год;

t – фактичний час роботи.

$$t = 0,25 \cdot 6 = 1,5 \text{ год.}$$

$$B_{з/н} = 23,2 \cdot 1,5 = 34,80 \text{ грн.}$$

Відрахування до соціальних фондів B_{cc} складають

$$B_{cc} = B_{з/н} \cdot 0,371 \quad (4.3)$$

$$B_{cc} = 34,80 \cdot 0,371 = 12,91 \text{ грн.}$$

Амортизація $A_{відр}$ на проведення ремонту складає

$$A_{відр} = \frac{B_{перв} - B_{лікв}}{T_{кор.ч}} \cdot t, \quad (4.4)$$

де $B_{перв}$ – балансова вартість основних засобів, $B_{перв} = 150$ грн;

$B_{лікв}$ – ліквідаційна вартість основних засобів, $B_{лікв} = 10$ грн;

$T_{кор.в}$ – термін корисного використання основних засобів, $T_{кор.в} = 100$ год.

$$A_{відр} = \frac{150 - 10}{100} \cdot 3 = 4,2 \text{ грн.}$$

Прямі витрати $B_{прям}$ складають суми вище перерахованих

$$B_{прям} = B_{м} + B_{з/н} + B_{cc}; \quad (4.5)$$

$$B_{прям} = 165 + 34,80 + 12,91 = 212,71 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання загально виробничого та адміністративного персоналу $B_{заг.вир}$

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$B_{заг.вир} = B_{прям} \cdot 0,45; \quad (4.6)$$

$$B_{заг.вир} = 212,71 \cdot 0,45 = 95,72 \text{ грн.}$$

$$B_{заг.зосн} = B_{прям} \cdot 0,55; \quad (4.7)$$

$$B_{заг.зосн} = 212,71 \cdot 0,55 = 116,99 \text{ грн.}$$

Собівартість ремонту C_1 за існуючою технологією складає

$$C_1 = B_{прям} + B_{заг.вир} + B_{заг.зосн} + A_{відр}; \quad (4.8)$$

$$C_1 = 212,71 + 95,72 + 116,99 + 4,2 = 429,62 \text{ грн.}$$

На підприємстві згідно річної програми ремонту ПР-1 будуть проходити 5 електропоїздів. Тому річні витрати складають $C_1 = 429,62 \cdot 5 = 2148,10$ грн.

4.2 Розрахунок витрат на ремонт після модернізації

Після модернізації контактної групи з підвищенням її довговічності надійність елементів зросте на 50%, тобто при поточному ремонті ПР-1 заміні будуть підлягати 3 контактні групи.

Матеріальні витрати B_m на ремонт контактних груп після модернізації складають

$$B_m = 27,50 \cdot 2 = 55,00 \text{ грн.}$$

Фактичний час роботи складає

$$t = 0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ год.}$$

Витрати на оплату праці $B_{з/n}$ слюсарів складають

$$B_{з/n} = 23,2 \cdot 0,75 = 17,40 \text{ грн.}$$

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Відрахування до соціальних фондів B_{cc} складають

$$B_{cc} = 17,40 \cdot 0,371 = 6,46 \text{ грн.}$$

Амортизація $A_{відр}$ на проведення ремонту складає

$$A_{відр} = \frac{150 - 10}{100} \cdot 1,5 = 2,1 \text{ грн.}$$

Прямі витрати $B_{прям}$ складають

$$B_{прям} = 82,50 + 17,40 + 6,46 = 106,36 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання загально виробничого та адміністративного персоналу $B_{заг.вир}$

$$B_{заг.вир} = 106,36 \cdot 0,45 = 47,86 \text{ грн.}$$

$$B_{заг.зосн} = 106,36 \cdot 0,55 = 58,50 \text{ грн.}$$

Собівартість ремонту C_2 після модернізації складає

$$C_2 = 106,36 + 47,86 + 58,50 + 2,1 = 214,82 \text{ грн.}$$

З урахуванням п'яти поточних ремонтів $C_2 = 214,82 \cdot 5 = 1074,10$ грн.

4.3 Термін окупності та екоємичний ефект

Термін окупності $T_{ок}$ визначається за формулою:

$$T_{ок} = \frac{K}{C_1 - C_2}, \quad (4.9)$$

де K – капітальні витрати пов'язані з впровадженням технології, $K = 1100$ грн.

$$T_{ок} = \frac{1100}{2148,10 - 1074,10} = 1 \text{ рік.}$$

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина економічного ефекту визначається за формулою:

$$E = C_1 - C_2; \quad (4.10)$$

$$E = 2148,10 - 1074,10 = 1074 \text{ грн.}$$

Отже можна зробити висновок, що модернізація контактної групи електропневматичного контактора типу 1КП-005 є доцільним рішенням підвищення надійності електричних апаратів. Термін окупності складає $T_{ок} = 1$ рік. Економічний ефект складає $E = 1074$ грн при виконанні річної програми ремонтів.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

ВИСНОВКИ

Магістерську роботу присвячено питанням підвищення надійності електрообладнання електропоїздів постійного струму.

При розробці цього питання ми виконали огляд та аналіз проблематики з надійності та технічного діагностування електричного обладнання тягового рухомого складу, а саме проаналізували надійність вузлів тягового рухомого складу на основі експлуатаційних даних, оглянули програмне моделювання параметрів надійності вузлів тягового рухомого складу, оглянули методику розрахунку показників надійності рухомого складу в період нормальної експлуатації.

Для підвищення надійності електрообладнання електропоїздів постійного струму ми проаналізували експлуатаційні відмови, визначили основні показники надійності електрообладнання електропоїзда ЕПЛ2Т, визначили кількісні характеристики надійності за статистичним даними про відмови електроапаратів електропоїзда. При огляді будови контактора типу 1КП-005 проаналізували його основні пошкодження та виконали розрахунок електропневматичного контактора відповідно характеристик електропоїзда. Надали пропозиції підвищення надійності контактора та технічного оснащення для діагностування та підвищення надійності електрообладнання.

Запропоновано технологічне обладнання, яке необхідне для перевірки та налаштування силових електропневматичних електроапаратів моторного вагона, яке можна застосовувати без зняття апаратів. Запропонований стенд модернізовано – розроблено технічні рішення для створення струму короткого замикання та визначення часу спрацьовування апаратів, що є важливим моментом для головного роз'єднувача.

Розробили пропозиції з поліпшення охорони праці під час технічного діагностування, ремонту та удосконалення конструкції електричного обладнання електропоїзда, а саме розрахували освітлення дільниці по ремонту та налаштуванню електричних апаратів й удосконалили інструкцію з охорони праці при ремонті електроапаратів.

					0032.180157.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змін	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Обґрунтування економічної ефективності підвищення надійності контактора типу 1КП-005 виконали на підставі розрахунку витрат на ремонт до модернізації, після модернізації та визначення терміну окупності та економічного ефекту.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Басов Г.Г. Развитие электричного моторвагонного рухомого складу /Г.Г. Басов. – Х.: Апекс, 2005. – С. 123-161.
- 2 Висин Н.Г. Повышение надежности работы силовых цепей электропоездов ЭР2Т и ЕПЛ2Т /М.Г. Висин, Б.Т. Власенко, С.А. Соколов //Локомотив-информ. – 2011. – №10. – С. 18-21.
- 3 Висин Н.Г. Повышение надежности работы силовой схемы электропоездов ЭР2Т и ЕПЛ2Т /Н.Г. Висин, Б.Т. Власенко, С.А. Соколов //Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – Вип. 32. – С. 162–165.
- 4 Тептиков Н.Р., Резниченко А.А., Губарев П.В., Глазунов Д.В. Математические методы принятия решений в системах диагностики и управления на тяговом подвижном составе //Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2018. – №1. – С. 13.
- 5 Бабков Ю.В., Перминов В.А., Белова Е.Е. и др. Гарантийные локомотивы – упущенная готовность //Локомотив. – 2013. – №5. – С. 34.
- 6 Шидловский А.К. Высшие гармоники в низковольтных электрических сетях /А.К. Шидловский, А.Ф. Жаркин. – К.: Наукова думка, 2005. – 209 с.
- 7 Электричні апарати. Електромеханічна апаратура комутації, керування та захисту: навч. посіб. /Б.В. Клименко. – Х.: Точка, 2012. – 320 с.
- 8 Электричні апарати: конспект лекцій. Для студ. денної форми навчання та ЦДО направлення «Електротехніка» /Л.В. Дубинець. – Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2012. – 79 с.
- 9 Тягові електричні апарати контактні: Навч. посібник для вузів /Л.В. Дубинець та ін.; за ред. О.І. Момот. – Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2002. – 104 с.
- 10 Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи за спеціальністю 273 «Залізничний транспорт» ОП «Локомотиви та локомотивне господарство» /Уклад.: Б. Є. Боднар, Д. В. Бобирь, Є. Б. Боднар; Укр. держ. ун-т науки і технологій. – Дніпро: УДУНТ, 2023. – 50 с.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

- 11 Експлуатація локомотивів та локомотивне господарство: Методичні вказівки до виконання курсового проекту /Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. імені акад. В. Лазаряна; уклад. Л. Ф. Гагін, М. І. Капіца. – Д., 2007. – 44 с.
- 12 Технологія ремонту локомотивів: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування /уклад.: М.І. Капіца, Р.О. Коренюк, Д.М. Кислий; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2011. – 30 с.
- 13 Надійність та технічна діагностика: контрольне завдання з методичними рекомендаціями /Д.В. Бобирь, О.Б. Очкасов, О.Я. Децюра. – Дніпро: ДНУЗТ, 2021. – 21 с.
- 14 Надійність та технічна діагностика рухомого складу: методичні рекомендації до практичних занять /Д.В. Бобирь, О.Б. Очкасов, Д.М. Кислий. – Дніпро: ДНУЗТ, 2020. – 38 с.
- 15 Електричне обладнання локомотивів: методичні вказівки до виконання курсової роботи та дипломного проектування /Уклад.: М.І. Капіца, В.Н. Сердюк, Є.Б. Боднар. – Дніпро: УДУНТ, 2022. – 42 с.
- 16 Економіка залізничного транспорту: підручник /О. М. Пшінько та ін.; за ред.: Ю. Ф. Кулаєва, Ю. С. Бараша, М. В. Гненного. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2014. – 480 с.

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		83

ДОДАТОК А

Інструкція з охорони праці при проведенні ремонту та виконанні налаштування електроапаратів електропоїзда

1 Загальні положення

1.1 Ця інструкція поширюється на працівників, які працюють за професією слюсаря з ремонту та обслуговування електроапаратів.

1.2 До роботи допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, мають відповідну кваліфікацію, мають необхідні навички в роботі, пройшли вступний інструктаж по охороні праці та інструктаж на робочому місці, позапланові – при зміні технології і умов праці; цільові – перед виконанням робіт на які оформляються наряд-допуски.

1.3 До самостійної роботи допускаються особи, які мають групи з електробезпеки з напругою до 1000 В не нижче III.

1.4 Слюсар проходить медичний огляд на відсутність протипоказань роботи в діючих електроустановках.

1.5 Слюсар повинен:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- користуватись спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту;
- виконувати тільки ту роботу, яка доручена керівником робіт і по якій проінструктований;
- не виконувати вказівки, які суперечать цієї інструкції;
- вміти надавати першу медичну допомогу потерпілим від нещасних випадків;
- вміти користуватись первинними засобами пожежегасіння;
- не допускати в робочу зону сторонніх осіб;
- пам'ятати, про особисту відповідальність за виконання правил охорони праці та відповідальність за товаришів по роботі.

1.6 Основні шкідливі та небезпечні фактори, які можуть діяти на слюсаря:

					0032.180157.000.03МР.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

- ураження електрострумом;
- падіння з висоти;
- опіки;
- захаращеність робочої зони;
- недостатнє освітлення робочої зони.

1.7 Слюсар забезпечується безкоштовно спецодягом, спецвзуттям та іншими засобами згідно типових галузевих норм:

- полукомбінезон бавовняний на 12 місяців;
- рукавички діелектричні на 3 місяці;
- калоші діелектричні - чергові;
- рукавиці діелектричні - чергові.

Колективним договором по підприємству може бути передбачена видача спецодягу і взуття та інших засобів понад встановлених норм, якщо фактичні умови праці вимагають їх застосування.

1.9 Слюсарю слід користуватись такими засобами захисту: діелектричними рукавичками, килимами і діелектричними калошами або ботами, а також інструментами з ізольованими ручками.

1.10 Слід використовувати захисні засоби, які мають клеймо з позначкою дати наступного випробування та напруги.

1.11 Гумові захисні засоби перед їх застосуванням слід оглянути та очистити від пилу, бруду, а у разі зволоженої поверхні їх слід ретельно витерти і висушити.

Не дозволяється застосовувати засоби, які мають проколи і тріщини.

1.12 Періодичні (контрольні) випробування захисних засобів слід проводити у такі строки:

- раз на 2 роки - ізолюючі кліщі для установок з постійним черговим персоналом;
- раз на 6 місяців - діелектричні рукавиці;
- раз на 1 рік - діелектричні калоші;
- раз на 3 роки - ізолюючі підставки (огляд).

1.13 Утримувати у чистоті і порядку робоче місце.

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

1.14. Перед кожним прийманням їжі мити руки з милом.

1.15 Після користування бензином, керосином, мастильними матеріалами та іншими небезпечними речовинами обов'язково мити руки теплою водою з милом.

1.16 Утримувати спецодяг і спецвзуття у справному стані і чистому вигляді.

1.17 Дотримуватись режиму праці і відпочинку.

1.18 Особи, що порушують правила внутрішнього розпорядку, інструкції з охорони праці та технологічні притягуються до дисциплінарної та матеріальної відповідальності, якщо їх дії не тягнуть за собою кримінальної відповідальності.

2 Вимоги безпеки перед початком роботи

2.1 Слюсарю перед початком роботи слід надіти спецодяг і спеціальне взуття та засоби індивідуального захисту.

2.2 Перевірити справність електрообладнання, ручного інструменту для чого слід впевнитись що:

- ізолюючі підставки, решітки, пускові прилади, заземлення мають задовільний стан;
- держакі кусачок і плоскогубців ізольовані;
- робоча частина викрутки правильно заточена, а держак міцно насаджений та ізольована;
- гайкові ключі справні і відповідати розміру гайок;
- надійно заземлені:

2.3 Ручний інструмент слід зберігати в переносному ящику або спеціальній сумці для інструменту.

2.4 Проглянути записи в журналі про несправності, порушення охорони праці за попередню зміну.

2.5 Переконайтесь у справності приладів, що вмикають і вимикають, прилади.

2.6 Перевірити справність освітлювальних приладів, електропроводки та світильників, ламп. Відрегулювати місцеве освітлення так, щоб робоча зона була досить освітлена, а світло не сліпило очі.

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

2.7 Перевірити показчиком напруги або переносним вольтметром відсутність напруги в електроустановках до 1000 В.

2.8 Перевірити справність показчика напруги на відсутність напруги. В цьому разі користуються діелектричними рукавицями.

2.9 Перевірити наявність заземлення електроустановок з напругою до 1000 В (змінного і постійного струму – у всіх випадках) корпусів електрообладнання, встановлених у приміщеннях з підвищеною небезпекою, в особливо небезпечних і в зовнішніх установках з номінальною напругою вище 24 В змінного струму і 110 В постійного струму, а також встановленого у вибухонебезпечних приміщеннях.

3 Вимоги безпеки під час виконання роботи

3.1 Дозволяється проведення робіт без зняття напруги в електроустановках напругою до 1000 В і нижче. Ці роботи слід виконувати не менш як двом електрикам з групою електробезпеки не нижче III і IV. При цьому необхідно:

– працювати в діелектричних калошах або стоячи на ізолюючій основі (ізолюючій підставці);

– користуватись інструментом з ізольованими держаками (у викруток, крім того, має бути ізольований стержень). У разі відсутності такого інструменту необхідно застосовувати діелектричні рукавиці;

– обгородити струмовідні частини, що залишились під напругою, до яких можливий випадковий дотик, ізолюючими накладками (гумовими матами, електрокартоном, міканітовими листами та ін.);

– працювати з опущеними і застебнутими біля кистів рук рукавами одягу та в головному уборі.

3.2 Під час проведення робіт на струмовідних частинах, які знаходяться під напругою, за допомогою основних захисних ізолюючих засобів необхідно:

– користуватись тільки сухими ізолюючими засобами з непошкодженим лаковим покриттям;

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– тримати ізолюючі засоби за держак-захвати не далі обмежувального кільця;

– розміщувати ізолюючі засоби так, щоб унеможливити перекриття по поверхні ізоляції між струмовідними частинами двох фаз або на землю.

3.3 Не дозволяється під час роботи під напругою застосування ножівок, напилків і металевих метрів.

3.4 Вмикання і вимикання, які проводяться на розподільних щитах, у внутрішньоцехових і зовнішніх мережах з приставних драбин і риштувань, а також там, де ці операції через місцеві умови утруднені, мають виконувати двоє електриків, з яких один повинен мати кваліфікаційну групу не нижче четвертої.

3.5 У разі, коли вимкнення електрообладнання проводилось за усною заявкою персоналу для проведення будь яких робіт, наступне вмикання цього обладнання може бути виконано на вимогу особи, яка дала заявку на вимкнення, особи, що замінила її, або ж уповноваженого, який у цей час її заміняє. Перед пуском обладнання, тимчасово вимкненого за заявкою персоналу, оперативний персонал має його оглянути, переконатись у готовності до прийняття напруги і попередити тих, хто працює на ньому, про вмикання.

3.6 Електричні проводи слід захищати від механічних пошкоджень та від дотику сталевих канатів, гарячих поверхонь, шлангів газополум'яної апаратури, масел та кислот, які руйнівні впливають на ізоляцію. У вогких приміщеннях їх слід підвішувати на підставках.

3.7 Зрошувати живильні кабелі і проводи слід тільки гарячим паянням, зварюванням або з'єднувальними муфтами з ізоляцією місць зрощування, рівноцінною непошкодженій ізоляції кабелів і проводів.

3.8 Усі монтажні і ремонтні роботи на електричних мережах і пристроях, а також роботи по приєднанню і роз'єднанню проводів слюсарі повинні виконувати за умови знятої напруги.

3.9 Заміну перегорілих запобіжників електрики повинні виконувати із знятою напругою.

3.10 Зняття переносного заземлення із застосуванням штанг та

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

діелектричних рукавиць слід проводити зворотним порядком, тобто спочатку зняти його з струмовідних частин, а потім від'єднати від заземлювального пристрою. Накладення і зняття переносних заземлень в установках вище 1000 В слід проводити двом електромонтерам з кваліфікаційною групою не нижче IV, які ознайомлені із схемою електроустановки

4 Вимоги безпеки після закінчення роботи

4.1 По закінченні роботи електромонтер повинен:

- прибрати інструмент, прилади, пристрої;
- вимкнути технологічне електрифіковане обладнання, верстати, вентиляцію;
- зняти спецодяг, захисні та запобіжні засоби і пристрої, очистити від пилу та іншого бруду і віднести у відведене для зберігання місце та переодягтися.
- під час передачі зміни повідомити змінника, керівника робіт про всі помічені несправності та зробити про це відповідний запис у журналі.

5 Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

5.1 Слюсар повинен негайно вимкнути струм у разі:

- пожежі в зоні роботи;
- у разі виявлення замикання на землю;
- виявлення несправностей в електричних пристроях (іскріння, спалахи, пошкодження ізоляції електропроводів, кабелів), а також виявлення необгороджених струмовідних частин доступних до торкання;
- ураження електричним струмом.

Не дозволяється наближатись до місця замикання на відстань менш як 4-5 м у закритих і менш як 8-9 м у відкритих розподільних пристроях

5.2 Помітивши загоряння, слюсарю слід негайно приступити до гасіння пожежі відповідно до інструкції з пожежної безпеки.

5.3 Обладнання вимикається без розпорядження, але з наступним повідомленням чергового по організації.

5.4 Якщо погасити пожежу своїми силами неможливо, слюсар або старший

					<i>0032.180157.000.03MP.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

по зміні повинен негайно викликати найближчу пожежно-рятувальну команду по телефону 101, чи засобами зв'язку.

5.5 У разі нещасного випадку слід звільнити потерпілого від дії травмуючого фактору, надати потерпілому першу медичну допомогу, у разі необхідності викликати швидку медичну допомогу та повідомити керівника робіт.

					0032.180157.000.03MP.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90