

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Львівський інститут
(назва факультету)

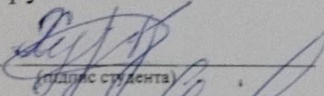
Рухомий склад залізниць і колія
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
«Бакалавр»
(ступінь вищої освіти)

на тему: Впровадження сучасних інформаційних технологій у системах діагностування локомотивів

за освітньою програмою «Локомотиви та локомотивне господарство»
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»
(шифр і назва спеціальності)

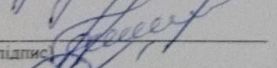
Виконав: студент групи: ЛГ 18118


(підпис студента)

/Дмитро ХУДОБ'ЯК/

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

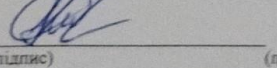
Керівник:


(підпис)

/ст. викладач, Андрій КУЗИШИН/

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Нормоконтролер:

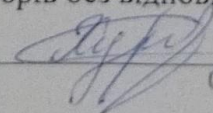

(підпис)

/викладач, Іван КРАВЕЦЬ/

(посада, Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

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

Студент


(підпис)

Львів – 2022 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Lviv Institute

(faculty)

Rolling stock of railways and tracks

(department)

Explanatory Note

to Master's Thesis

«Bachelor»

(higher education degree)

on the topic: Implementation of modern information technologies in locomotive diagnostic systems.

according to educational curriculum «Locomotives and locomotive economy»

in the Speciality: 273 «Railway transport»

(speciality and its code)

Done by the student of the group: LG19117

/Dmitro KHUODOBYAK/

(name, surname)

Scientific Supervisor:

/senior lecturer, Andrii KUZYSHYN/

(position, name, surname)

Normative controller :

/lecturer, Ivan KRAVETS/

(position, name, surname)

Supervisors

(Chapter title heading)

(position, name, surname)

(Chapter title heading)

(position, name, surname)

(Chapter title heading)

(position, name, surname)

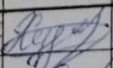
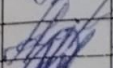
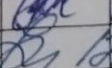


(Chapter title heading)

(position, name, surname)

Lviv – 2022

ЗМІСТ

ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	6	
ВСТУП	7	
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ		
ЛОКОМОТИВІВ	8	
1.1 Технічний стан локомотивного парку України	8	
1.2 Основні задачі та види технічного діагностування локомотивів	9	
1.3 Параметри технічного діагностування	10	
2 СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ	13	
2.1 Основні методи технічного діагностування	13	
2.1.1 Метод експертів	13	
2.1.2 Математичний метод	14	
2.1.3 Вібраційний метод	14	
2.1.4 Спектрального аналізу	16	
2.1.5 Оптичний та газоаналітичний методи	17	
2.1.6 Теплові методи	18	
2.1.7 Метод неруйнівного контролю	18	
2.2 ЗАСОБИ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ	21	
3 ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ В ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО ЛЬВІВ-ЗАХІД	26	
4. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ		32
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	35	
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	36	

0041.180561.01.ВКР.ПЗ									
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата	Впровадження сучасних інформаційних технологій у системах діагностування локомотивів	Літера	Аркуш	Аркушів	
Розробив		Дмитро ХУДОБ'ЯК		15.06.22				5	37
Консульт				15.06.22		ЛІ УДУНТ			
Керівник		Андрій КУЗИШЧИН		17.06.22					
Н. контр.		Іван КРАВЕЦЬ		17.06.22					
Зав.каф.		Олена БАЛЬ		17.06.22					

**(ЗАВДАННЯ НА РОБОТУ (ОКРЕМИЙ ДОКУМЕНТ, ОДИН ЛИСТ З
ДВОХ СТОРІН ЗГІДНО ШАБЛОНУ)**

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи бакалавра:

39 с., 13 рис., 1 табл., 19 джерел.

Об'єкт розробки – сучасні інформаційні технології в системах діагностування локомотивів.

Мета роботи – дослідити можливі шляхи впровадження сучасних інформаційних технологій в системах діагностування локомотивів.

Методи дослідження – методи аналізу та синтезу систем діагностування локомотивів, інженерні методи дослідження сучасних інформаційних технологій в системах діагностування технічного стану тягового рухомого складу.

В даній роботі було розглянуто сучасний стан локомотивного парку України. Представлено загальні відомості технічної діагностики, а саме задачі, види та основні діагностичні параметри. Наведено основні методи та засоби технічного діагностування локомотивів, особливості їх проведення, їх переваги та недоліки. Аналізуючи технологію дослідження технічного стану колісних пар в локомотивному депо «Львів-Захід» було запропоновано шляхи застосування сучасних інформаційних технологій в системах діагностування. Запропоновано використання лазерних датчиків контролю системи “ARGUS”, що дозволить більш ефективно та оперативно визначати технічний стан колісних пар.

Отримані результати в подальшому можна використовувати під час модернізації локомотивних депо, що дозволить більш автоматизовано визначати технічний стан колісних пар та забезпечувати безпеку руху.

Ключові слова: ДІАГНОСТУВАННЯ, МЕТОД, ЛОКОМОТИВ, СИСТЕМА, ЗАСІБ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, ПАРАМЕТР, КОЛІСНА ПАРА.

**ПЕРЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

									Арк.
									7
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата					

ВСТУП

Впровадження сучасних інформаційних технологій в системах діагностування локомотивів є пріоритетом не лише Укрзалізниці, а й усіх залізниць світу.

З кожним роком в Україні технічний стан локомотивів погіршується. Це пов'язано із віковими характеристиками локомотивів. Системи та засоби діагностування залишаються тими самими, і вже не можуть давати таких точних результатів. Процес виявлення дефектів і ремонту локомотивного парку займає багато часу та потребує багато ресурсів. У зв'язку з цим відбувається затримка ефективного функціонування вантажних та пасажирських перевезень.

Для того аби усунути усі ці проблеми, потрібно використовувати сучасні засоби та системи діагностування в процесах ремонту та технічному обслуговуванні локомотивів, почати застосовувати новітні методи діагностики та вибирати потрібні параметри.

Якщо Укрзалізниця буде рухатися у цьому напрямку, то через певний період часу набагато збільшиться процес перевезень, так як виявляти та усувати дефекти буде в рази легше. Але на даний момент таких кардинальних змін не спостерігається.

Об'єктом дослідження в даній роботі є системи діагностування технічного стану тягового рухомого складу.

Предметом дослідження являються шляхи використання сучасних інформаційних технологій в системах технічного діагностування тягового рухомого складу.

						Арк.
						8
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ЛОКОМОТИВІВ

1.1 Технічний стан локомотивного парку України

Станом на початок 2021 року інвентарний парк “Укрзалізниці” налічував близько 3,6 тисяч локомотивів, з яких 1782 вантажних, 1256- маневрові тепловози та 550 пасажирських табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Інвентарний парк “Укрзалізниці”

Тип локомотива	Загальна кількість	Вантажних	Пасажирських	Маневрових
Електровоз	1628	1149	479	-
Тепловоз	1960	633	71	1256

Середній знос локомотивного парку УЗ складає майже 97%. Враховуючи те, що з 1996 року розробляються та вводяться в дію технічні умови для продовження терміну служби локомотивів, згідно з якими виконується капітально-відновлюваний ремонт із продовженням терміну служби на 15-20 років, то найближчим часом значна частина тягового рухомого складу відпрацює свій подовжений термін експлуатації і буде списана через загрозу руйнування, викликаного “втомою” металу.

На даний момент, середній вік усіх локомотивів, які є у розпорядженні УЗ перевищує нормативний вік. Вікова структура локомотивів наведена у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Вікова структура локомотивів

Тип локомотива	Менше 8 років	8-15 років	16-25 років	26-40 років	Більше 40 років
Електровози	31	91	42	589	995
Тепловози	0	6	33	1819	437

Підсумувавши все вище сказане, можна зробити висновок, що локомотивний парк України знаходиться в не найкращому стані. Він потребує

негайного оновлення за рахунок закупівлі нових сучасних локомотивів, або ж через капітальний ремонт тих що ще є роботоздатними.

1.2 Основні задачі та види технічного діагностування локомотивів

Технічна діагностика - це наука, метою якої є огляд технічного стану об'єкта та своєчасне виявлення дефектів, які можуть призвести до збоїв у роботі системи локомотива [1]. Якщо вчасно виявити і усунути проблему через яку не зможе функціонувати та чи інша система, то ми зможемо значно збільшити надійність і ефективність експлуатації.

За допомогою технічної діагностики можна вирішити три типу її основних задач [3]:

- Встановлення технічного діагнозу;
- Задачі прогнозу;
- Задачі генезису.

Задачі першого типу призначені для загального визначення технічного стану локомотива, або його вузлів і деталей, його роботоздатності та справності його функціонування під час його дослідження.

Задачі другого типу повинні вирішувати ряд таких питань, як встановлення періодичності ремонту і огляду, визначення терміну служби об'єкта та його залишкового ресурсу. Вирішивши задачу прогнозу можна встановити чи об'єкт діагностування буде справно працювати в експлуатації без можливих його еволюцій, початок яких відповідають даному моменту часу.

Задачі третього типу зазвичай виникають при розслідуванні причин аварій і виведення з ладу систем локомотивного складу. Вирішенням задач технічної генетики являється визначення прямо-причини, яка призвела до несправності в роботі локомотива і в результаті виникла аварія.

Таким чином усі ці задачі тісно пов'язані між собою і представляють певну єдність, яка виражається у справному функціонуванні локомотивного складу. Проте вирішення усіх цих задач можливе лише коли діагностування

						Арк.
						10
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

проводиться на стадіях виробництва, експлуатації, технічного обслуговування та ремонту.

На сьогоднішній день технічна діагностика налічує наступні види [4]:

- По призначенню;
- По технічному обладнанню;
- По режиму проведення;
- За місцем в системі технічного обслуговування;
- За типом засобів використовуваних у діагностуванні.

У першому виді технічна діагностика може проводитись разом із плановими оглядами і ремонтами локомотивів. Під час основного ремонту проводяться окремі обстеження і оцінка стану певних деталей та вузлів.

При другому виді проводиться діагноз основними приладами та спеціальними пристроями.

Третій вид являє собою заплановану технічну діагностику.

Четвертий вид проводиться після комплексної технічної діагностики для заключної перевірки стану та роботоздатності об'єкта діагностики.

Останній п'ятий вид проводиться за допомогою бортових систем та переносних засобів на стаціонарних пунктах.

1.3 Параметри технічного діагностування

Діагностичний параметр - це параметр об'єкта діагностування, який служить для визначення його технічного стану. При виборі діагностичних параметрів, потрібно дотримуватися певних вимог. Найбільш важливими є ціль діагностування, вартість технічних засобів, стратегія технічного обслуговування і час простою об'єкта під час діагностування. Вибрані параметри повинні бути достатньо інформативними, бути зручними і доступними при їхніх вимірах, при будь-яких змінах у об'єкті діагностики миттєво реагувати, володіти високою достовірністю та здатністю до перетворення при використанні автоматичних засобів обробки інформації. Максимальне число параметрів може забезпечити високу точність

						Арк.
						11
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

діагностування, проте це суттєво знижує надійність системи. Оптимальним є набір параметрів об'єкта діагностування, коли їхнього контролю буде достатньо для виявлення відмови будь-якого із вузлів локомотива і під час експлуатації буде забезпечуватися максимальне зниження появи відмови [2,4].

Діагностичні параметри вибираються на двох стадіях життєвого циклу об'єкта, а саме: на стадії проектування, при обдумуванні його цілей і задач та стратегії методів і засобів його технічного обслуговування та ремонту; на стадії експлуатації, коли виникає необхідність технічного контролю локомотива або ж для збільшення надійності окремих його вузлів та деталей. У правилах ремонту і технічного обслуговування локомотивів є вказані допустимі значення параметрів, які повинні контролюватися при планових ремонтах та оглядах. Чим краще, ретельніше і глибше задача діагностики вирішується на стадіях проектування, тим повніше питання діагностування будуть реалізовані при експлуатації.

Окрім діагностичних, параметрами технічного стану є ще структурні.

Структурні параметри: знос, затори, натяг в сполученнях та інші, які безпосередньо характеризують роботоздатність об'єкта діагностування.

Діагностичними параметрами являються шум, температура, вібрація, тиск, витрати палива, які опосередковано характеризують роботоздатність об'єкта діагностування.

На практиці використовують параметри, які відповідають вимогам однозначності, широті вимірів, а також технологічності, інформативності та доступності і зручності вимірювання.

Під однозначність розуміють відповідність кожному значенню діагностичного параметра тільки одного певного значення параметра вихідного процесу.

Широта вимірювання, або ж чутливість- це найбільше відхилення діагностичного параметра при заданому вимірі структурного параметра.

						Арк.
						12
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Технологічність вимірювання параметра визначається зручністю підключення апаратури для діагностування, простотою вимірювання та обробки результатів вимірювань.

Інформативність параметра визначається зниженням невизначеності знань про технічний стан об'єкта після використання інформації за результатами діагностування.

Доступність та зручність вимірювання діагностичного параметра визначається конструкцією об'єкта діагностування і засобами діагностування.

Діагностичні параметри розділяють на приватні і загальні. Приватний параметр вказує на певну несправність або ж відказ об'єкта діагностування. Загальні параметри характеризують загальний технічний стан об'єкта діагностування. До таких параметрів, до прикладу, відносяться потужність і тягового підсилення тепловоза.

Діагностичні параметри бувають залежні та незалежні. Незалежні параметри вказують на певну несправність, на відміну від залежного, який не визначає несправності або відразу. Залежні параметри визначаються при вимірюванні і зіставленні декількох параметрів.

За характером інформації діагностичні параметри поділяються на три групи: параметри, які забезпечують отримання інформації про технічний стан об'єкта діагностики, проте не характеризують його функціональних можливостей; параметри, які забезпечують отримання інформації функціональних можливостей об'єкта діагностування, проте не дають інформації про його технічний стан; комбіновані параметри, які забезпечують отримання інформації як про функціональні можливості, так і про технічний стан об'єкта діагностування.

Вибір діагностичних параметрів локомотива залежить від частоти появ несправностей і відмов, аналізу ознак та економічних факторів, які їм відповідають. При виборі параметрів, перевагу віддають тим, які впливають на безпеку при експлуатації рухомого складу і безпосередньо на навколишнє середовище.

						Арк.
						13
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Якщо несправність або структурний параметр можливо оцінити декількома діагностичними параметрами, то вибирають той, який більш точно оцінює певну величину, на вимірювання якого йдуть менші витрати і з допомогою якого можна оцінити декілька структурних та функціональних параметрів локомотива.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		14

2 СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

2.1 Основні методи технічного діагностування

Під час технічного діагностування локомотивів, усіх їхніх систем, вузлів та агрегатів застосовують різноманітні методи. Така кількість методів діагностування зумовлена високою складністю систем локомотива та кількістю задач діагностики.

В технічній діагностиці розрізняють вісім методів [2]:

- 1.Метод експертів;
- 2.Математичний метод;
- 3.Вібраційний;
- 4.Спектрального аналізу;
- 5.Оптичний;
- 6.Газоаналітичний;
- 7.Тепловий;
- 8.Метод неруйнівного контролю.

2.1.1 Метод експертів

Метод експертів проводиться спеціальною комісією в складі якої входять досвідчені спеціалісти, які займаються розробкою, виготовленням і експлуатацією локомотивів. Завданням цієї комісії є визначення причини відказу роботи певної системи або ж деталі локомотива, виявлення умови появи цих причин та їхній вплив на загальний стан та подальшу роботу локомотива. Щоправда цей метод не завжди може дати точну інформацію про причину появи дефектів. Це зв'язано з обмеженими людськими здібностями. За рахунок цього методу розробляються більш досконаліші методи і системи діагностування.

2.1.2 Математичний метод

Під час математичних методів діагностування використовують математичне моделювання та різноманітні теорії. Математичне моделювання застосовують найбільш ефективно при визначенні дефектів у пристроях з електричними

						Арк.
						15
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

елементами. Використовуючи математичне моделювання можна розширити можливості технічної діагностики, скоротити витрати, які виділяються на діагностування, аналізувати інформацію за для точного прогнозу роботи усіх систем локомотива. Найбільш ефективною теорією при діагностуванні є теорія ймовірності. За її допомогою можна визначити ймовірність появи відмови та виникнення дефектів об'єкта діагностування. Часто для визначення появи цих дефектів використовують теорему Баєса:

$$P(A / B) = \frac{P(A)P(B / A)}{P(C)P(B / C)}, \quad (2.1)$$

де $P(A/B)$ - ймовірність, що за наявності суми діагностичних параметрів B присутній дефект A ;

$P(A)$ - ймовірність наявності дефекту A при випадковому наборі діагностичних параметрів;

$P(B/A)$ - відмова з досвіду ймовірність наявності суми діагностичних параметрів B при виникненні дефекту;

$P(C)P(B/C)$ - сума творів ймовірностей кожного із розглянутих дефектів на ймовірності даної суми ознак кожного із дефектів.

2.1.3 Вібраційний метод

Найбільш зручним для діагностування є вібраційний метод, так як для його проведення не потребується розбір агрегатів та вузлів локомотива. Під час роботи вузлів виникають коливання та шуми і по ним працівники, які проводять діагностику визначають стан об'єкта. Коли локомотив знаходиться в експлуатації, то на його механізми діють різні сили, які можуть призвести до виникнення сторонніх ударів, шумів, посилення вібрацій та порушення рівноваги. Ці несправності проявляються через перевищення швидкості, подолання максимальних переміщень і низкою інших факторів. Коливання та посилена вібрація під час роботи локомотива дають знати, що певний вузол вийшов з ладу. Є дві основні причини появи коливань. Перша з них виникає

						Арк.
						16
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

при не рівновазі рухомих деталей. В цій ситуації механізми коливаються як єдине ціле відносно положення рівноваги. Такі коливання супроводжуються низькими частотами, малими прискореннями та великими амплітудами переміщення. Другою причиною коливань є зіткнення деталей механізму через збільшення зазорів між ними. На відміну від першої причини для цих коливань характерні більш високі частоти, великі прискорення та малі амплітуди переміщення. Усі деталі та вузли знаходяться в простих гармонічних коливаннях. Вони характеризуються трьома величинами: швидкістю $V(t)$, прискоренням $a(t)$ та коливальним зміщенням $x(i)$. Якщо коливання є у формі чисто поступального руху тіла вздовж однієї осі, то миттєве значення кожної її координати називається переміщенням та визначається за формулою:

$$x = X_{max} \sin(2\pi / T)t = X_{max} \sin \pi f t, \quad (2.2)$$

де X_{max} - амплітуда коливального зміщення;

T - період коливань;

$f = 1/T$ - частота коливань;

t - поточне значення часу.

Швидкість та прискорення гармонічних коливань знаходиться за допомогою диференційного рівняння переміщення в часі:

$$V = dx / (-dt) = \omega_{max} \cos \omega t = V_{max} \cos \omega t, \quad (2.3)$$

де $V_{max} = \omega x_{max}$

$$a = dv / dt = -\omega^2 X_{max} \sin \omega t = A_{max} \sin(\omega t + \pi), \quad (2.4)$$

де $A_{max} = \omega^2 x_{max}$ - амплітуда коливань.

Для визначення коливань та вібрацій під час діагностування використовують різноманітні вібродатчики. Використання цих приладів дозволяє дуже точно і швидко отримати достовірну інформацію про стан механізму, легко визначити причину несправності та усунути її.

						Арк.
						17
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

В залежності від способу вимірювання діагностичного сигналу, вібраційний метод поділяється на декілька видів: віброакустичний, метод вимірювання вібропереміщень, діагностика за спектрами вібросигналу, метод ударних імпульсів та акустичної емісії.

У більшості випадків усіма цими видами проводять діагностування підшипникових вузлів.

2.1.4 Спектрального аналізу

Під час роботи локомотива відбувається знос усіх вузлів та місць з'єднань деталей. Щоб збільшити їх роботоздатність використовують різні масла та мастильні матеріали. У якому стані вузли та деталі можна визначити по концентрації продуктів зносу за допомогою фізико-хімічного аналізу масел та мастильних матеріалів. Якщо є велика концентрація продуктів згоряння, то швидше відбувається знос деталей у вузлах. Також знос деталей можна визначити за допомогою спектрального аналізу мастильних матеріалів. Інколи продукти неповного згоряння палива можна знайти в тих самих мастильних матеріалах і в результаті чого спектральним аналізом визначають стан вузлів, поршнів дизеля, мастильних фільтрів, буксових підшипників, тощо. Для отримання достовірних даних використовуючи спектральний аналіз, потрібно мати велику кількість взірцевих параметрів для перевірки дизельного масла, буксових та моторно-осьових підшипників.

Існує декілька видів спектрального аналізу, а саме: калориметричний метод, радіоактивний, рентгенографічний та атомно-абсорційний.

Калориметричним методом визначається технічний стан дизеля за параметрами картерного масла. Пробу цього масла аналізують у лабораторіях і визначають вміст в ньому заліза, алюмінію та міді, зрівнюючи потім із допустимими параметрами.

Суть радіоактивного методу в тому, що не дизель встановлюють активовані радіоактивними ізотопами деталі. В процесі роботи, радіоактивні частинки деталей падають у масло картера, вилучаються і аналізуються. Після аналізу визначається інтенсивність зносу вузлів.

						Арк.
						18
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

За допомогою рентгенографічного метода проводиться не лише аналіз масла, а також поверхневий стан деталі. Основою цього методу є рентгенівські випромінювання, які проникають у поверхневі слої металу та аналізують їх. Цим методом можна достовірно і точно оцінювати стан масла та його дію на знос у вузлах з деталями, які підлягають тертю.

Найбільш точним і надійним у плані результатів є атомно-абсорційний метод. Він заснований на вивченні атомних спектрів резонансного поглинання.

2.1.5 Оптичні методи

Візуальний огляд являється найпопулярнішим методом знаходження різних дефектів. Проте не завжди можна розгледіти несправність у важкодоступних місцях. Для цього потрібно використовувати оптичні прилади. До таких приладів відносяться ендоскопи та перескопічні дефектоскопи. Але все ж більш поширеними є різні жорсткі і гнучкі ендоскопи. Оптичні методи використовують для розширення можливостей перевірки технічного стану циліндрів дизеля, різних резервуарів, трубопроводів, тощо.

2.1.6 Газоаналітичний метод

Суть метода полягає у визначенні швидкості повітря, його тиску, температури та хімічного складу вихлопних газів. Якщо мати дані параметрів, то легко можна визначити технічний стан дизельного двигуна.

2.1.7 Теплові методи

Основою теплових методів є аналіз теплового випромінювання деталей чи механізмів. Від електричних параметрів електроапаратів та невиявлених дефектів у вузлах, залежить інтенсивність теплового випромінювання. Існує два основні методи визначення перегріву, а саме контактний та неконтактний.

Контактний метод проводиться з використанням термопар, температуро чутливих пар та рідкокристалічних з'єднань.

Неконтактний метод можливий через властивість різних тіл випромінювати електромагнітну енергію і в результаті цього фіксується теплове випромінювання. Щоб зафіксувати ці випромінювання використовують радіометри, болометри, тепловізори та багато інших приладів. Основним

						Арк.
						19
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

технічним параметром всіх цих приладів є поріг чутливості. Він визначається за такою формулою:

$$P_{min} = ES_n / [(V_c / V\omega)\Delta f], \quad (2.5)$$

де E- щільність падаючого випромінювання, Вт/см²;

S_n - площа приймача, см²;

$V_c / V\omega$ - відношення вихідного сигналу до теплового шуму;

Δf - частота випромінювання, Гц.

Теплові методи використовують для діагностування вузлів з тертям деталей, електричних контактів, електричних приладів, буксових вузлів, електричного з'єднання в тягових двигунах.

2.1.8 Метод неруйнівного контролю

Метод неруйнівного контролю в технічній діагностиці є найскладнішим, так як включає у себе аж дев'ять видів:

- Магнітний;
- Капілярний;
- Акустичний;
- Радіографічний;
- Радіохвильовий;
- Оптичний;
- Електромагнітний;
- Метод магнітної пам'яті.

Крім того, за своїм призначенням метод неруйнівного контролю може поділятися на декілька типів: товщинометрія, дефектоскопія, виявлення витoku та структуроскопія.

Сукупність методів та засобів, які дозволяють виявити дефект в об'єкті діагностики при цьому не руйнуючи його називається дефектоскопія. Щоб ці дефекти виявити використовують спеціальні прилади – дефектоскопи. Для того аби точно і достовірно визначити результати діагностування, вся

						Арк.
						20
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

апаратура регулярно перевіряється в органах метрологічного контролю, а працівники, які проводять діагностування, періодично проводять перевірку знань та підвищують свою кваліфікацію.

Усі види неруйнівного контролю між собою відрізняються великим різноманіттям фізичних властивостей і як наслідок технічними методами.

Магнітний неруйнівний контроль широко застосовується при діагностуванні магнітними методами, суть яких лежить у реєстрації магнітних полів розсіювання дефектів, або ж на визначенні магнітних властивостей об'єкта діагностування.

При магнітопорошковому методі виявлення дефекта використовують феромагнітний порошок або суспензію. Ними рівномірно покривають намагнічений об'єкт. Маленькі частинки порошку або суспензії під дією магнітного поля збираються в місці де є дефект і при візуальному контролі його легко виявити. Недоліком цього методу є низька продуктивність контролю і він сильно залежить від людського фактору.

Магніто-графічний метод проводиться шляхом накладання на поверхню намагніченого об'єкта феромагнітної плівки. На цій плівці залишається відбиток виробу та дефектів в ньому. Тоді цей відбиток зчитують за допомогою приладом з магнітною голівкою та реєстратором сигналів. Цей метод є зручним для контролю зварювальних швів та дефектів у трубопроводах.

Акустичний неруйнівний контроль заснований на використанні пружних механічних коливань. Він використовується для визначення технічного стану об'єкта діагностування із чорних і кольорових металів, пластмас, гуми та інших матеріалів. Акустичний метод дозволяє не лише виявити дефекти, неполадки, але і вимірювати товщину стінок виробу.

Капілярний неруйнівний контроль заснований на можливості проникнення в щілини поверхневих дефектів різних рідин. Цей метод є схожий із магнітопорошковим і теж володіє низькою продуктивністю.

						Арк.
						21
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Капілярний метод часто використовують при діагностуванні робочої поверхні зубчатих коліс.

Оптичний метод використовується для вимірювання геометричних розмірів об'єкта, його поверхневого стану та виявлення тріщин.

Радіохвильовий метод в основному застосовується для перевірки електричних і напівпровідникових виробів. Суть метода полягає в тому, що він реєструє зміни характеристик електромагнітних коливань, які взаємодіють з об'єктом діагностики.

Електромагнітний метод використовується для дефектоскопії виробів із струмопровідних матеріалів, товщинометрії та структуроскопії. Суть метода полягає в оцінці розподілу вихрових струмів в об'єкті. Для збудження вихрових струмів використовують різноманітні перетворювачі, які складаються від одної чи декількох котушок індуктивності. За допомогою цього метода можна визначити товщину стінки об'єкта, його електропровідність, наявність або відсутність дефекту, хімічний склад, структуру матеріалу об'єкта та його температуру. Електромагнітний метод дає високу продуктивність, а сам процес можна автоматизувати.

2.2 Засоби технічного діагностування локомотивів

Під час проведення технічного діагностування використовуються різноманітні засоби. З їхньою допомогою можна визначити стан локомотива, виявити дефекти і передбачити їхню появу. До засобів технічного діагностування відносяться [3,6]:

-Стаціонарні комп'ютери, але з унікальним програмним забезпеченням, за допомогою якого діагностують контрольовані параметри, обробляють і підносять інформацію у цифровому та графічному вигляді

-Стаціонарні вимірювальні прилади

-Мобільні вимірювальні прилади

-Пульти

						Арк.
						22
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

-Стенди

-Механізовані робочі місця для розбирання та збирання агрегатів і вузлів, які надійшли у ремонт

-Прилади для балансування обертових елементів машин

-Стенові прилади для обкатки, випробовування і налаштування агрегатів і вузлів

-Камери та машини для продувки та мийки агрегатів та деталей перед ремонтом

-Камери для фарбування та сушки агрегатів та деталей

-Прилади для демонтажу та монтажу агрегатів та вузлів

Розрізняють три види засобів діагностування, а саме: апаратурні, програмні та програмно-апаратурні.

Апаратурні засоби можна розділити на зовнішні і вбудовані. Зовнішні засоби являють собою окремий механізм, який ніяк не пов'язаний із об'єктом діагностування та під'єднується до нього лише коли проводиться діагностика. Якщо ж апаратурний засіб із об'єктом діагностування складає конструктивне і можливо функціональне ціле, то він називається вбудований. При діагностуванні апаратурними засобами найчастіше перевагу віддають зовнішнім. Їх застосовують не лише при ремонті, але й на етапі виготовлення об'єктів.

Зовнішні апаратурні засоби можуть бути ручними, автоматичними та автоматизованими. Ручні засоби майже завжди є спеціалізовані, тобто використовуються для діагностування одного конкретного об'єкта. Проте в них є один важливий недолік, вони не можуть дати об'єктивних і точних результатів. При цьому продуктивність діагностування є дуже низькою. На відміну від ручних засобів, автоматизовані та автоматичні засоби не мають таких недоліків і дають в рази точнішу дані та інформацію. Вони бувають спеціалізовані та універсальні, тобто працюють за змінною програмою і в результаті цього можуть проводити діагностування багатьох різних об'єктів.

						Арк.
						23
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

Але коли об'єкти діагностування часто змінюються, то вигідніше використовувати універсальні засоби.

Вбудовані апаратурні засоби діагностування завжди є спеціалізовані та автоматичні або автоматизовані. Вони дуже важко піддаються уніфікації. Хоча можна виділити декілька винятків. Наприклад, вбудовані засоби контролю по модулю, найпростіші прилади порівнювання, системи централізованого контролю різних технологічних процесів.

На відміну від апаратурних засобів, програмні підходять для діагностування любых об'єктів. Програмні засоби - це програми, які записані на приладі, з яким працює об'єкт діагностування. Вони можуть бути двох типів: робочі та випробовувальні.

Випробовувальні програми зроблені спеціально для діагностування технічного стану об'єкта. Проте вони не вирішують ніяких задач, вирішуваних даним об'єктом діагностування. Для вирішення таких задач є робочі програми. За їхньою допомогою, якщо відомі або приблизні результати робочої задачі, можна зробити висновки про технічний стан об'єкта діагностування. Для отримання більш точних результатів, у робочі програми вносять спеціальні команди або групи команд.

Ефективність програмних засобів в рази збільшується, якщо їх з'єднати з апаратурними, тобто утворити програмно-апаратурний засіб діагностування. В більшості випадків для утворення цього засобу, використовують вбудовані засоби.

Давайте розглянемо засоби, які використовують при діагностуванні деталей, вузлів чи систем локомотива різними методами.

При діагностуванні вібраційним методом, застосовують різні прилади, в залежності від його виду. Для вимірювання акустичного сигналу віброакустичним методом, використовують найпростіші прилади (шумоміри, прилад ПИК-1М та інші). Діагностика по загальному рівню вібрації проводиться віброметрами типу LV-2 (рис.2.1) та К-4102 (рис.2.2).

						Арк.
						24
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 2.1 – Віброметр типу LV-2



Рисунок 2.2 – Віброметр типу К-4102

Діагностування за спектрами вібросигналу реалізується приладом ПРИЗ-110М. Метод акустичної емісії проводиться такими засобами, як ИРП-12 (рис.2.3) та АРП-11(рис.2.4).



Рисунок 2.3 – Індикатор ресурсу підшипника ИРП-12

						Арк.
						25
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 2.4 – Вимірювач амплітуд сигналів акустичної емісії

Щоб проводити діагностування тепловими методами, використовують тепловізори та термографи типу ИРТИС-2000 (рис.2.5), Therma CAM P65 (рис.2.6) та Therma CAM E45.



Рисунок 2.5 – Термограф ИРТИС-2000



Рисунок 2.6 – Тепловізор Therma CAM P65

Під час спектрального аналізу використовують спеціалізовані установки МФС-5, ФПЛ-1, СТ-7.

Для оптичних методів діагностування застосовують жорсткі лінзові ендоскопи АС-1 та гнучкі ОД-20Є.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		26

З ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ В ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО ЛЬВІВ-ЗАХІД ТА НА ЛЬВІВСЬКОМУ ЛОКОМОТИВОРЕМОНТНОМУ ЗАВОДІ

Щодня локомотивне депо Львів-Захід та Львівський локомотиворемонтний завод проводять діагностування та ремонт десятків локомотивів. Для цього використовуючи різноманітні засоби для виявлення та усунення дефектів. Усі ці прилади ретельно перевіряються, щоб завжди давати достовірну інформацію про стан об'єкта діагностування, а спеціалісти, які з ними працюють, досконало знають принцип їх роботи. Серед великої кількості засобів діагностування, які використовуються для перевірки різних систем, вузлів та агрегатів, я б хотів зупинитися на засобах діагностування колісних пар.

Це зв'язано з тим, що колісні пари представляють собою важливий елемент локомотива. Від їхнього стану залежить безпека руху поїзда. Тому при експлуатації вони піддаються ретельному догляду та своєчасній перевірці. Під час роботи колісні пари передають на рейки всі вертикальні навантаження від маси локомотива, при русі безпосередньо взаємодіють з рейковою колією і окрім того приймають на себе всі удари від нерівностей шляху. Ще через колісні пари передається обертовий момент тягового двигуна, а у точці контакту колеса з рейкою виникає сила щеплення. Для того щоб справно виконувати усі ці функції, конструкція колісних пар повинна забезпечувати необхідну міцність усіх її елементів. Проте під час експлуатації будуть виникати певні несправності. Прикладами таких несправностей є природній знос ободів коліс, який виникає під час тертя колеса з рейкою, раковини, різні вищерблення, які виникають на поверхні кочення, відбувається знос, ушкодження та тріщини шийок осей, різні тріщини в колесах.

Під час діагностування найпростіші дефекти, такі як знос та пошкодження колісних пар, можуть визначити візуальним оглядом за допомогою шаблонів та вимірювальних інструментів. Для визначення

						Арк.
						27
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

дефектів, які неможливо виявити візуальним оглядом, застосовують магнітні та ультразвукові дефектоскопи. Давайте розглянемо якими шаблонами і які дефекти знаходять при діагностуванні.

Прокат коліс вимірюють за допомогою абсолютного шаблону (рис.3.1). Це робиться на відстані 70 мм від внутрішньої грані колеса. Шаблон накладають на профіль поверхні кочення до моменту суміщення вертикальної межі шаблону з внутрішньою гранню колеса. Величину прокату знаходять шляхом підрахунку поділок по вертикальній шкалі до першої риски на правій шкалі ноніуса. Тоді дивляться які риски на обох шкалах співпали та визначають остаточну величину дефекту. Якщо є нерівномірний прокат на поверхні кочення колеса, то його вимірюють по діаметру у декількох місцях та визначають максимальне значення [10].



Рисунок 3.1 – Абсолютний шаблон

Абсолютним шаблоном можна вимірювати не тільки прокат коліс але й товщину гребня коліс (рис.3.2).

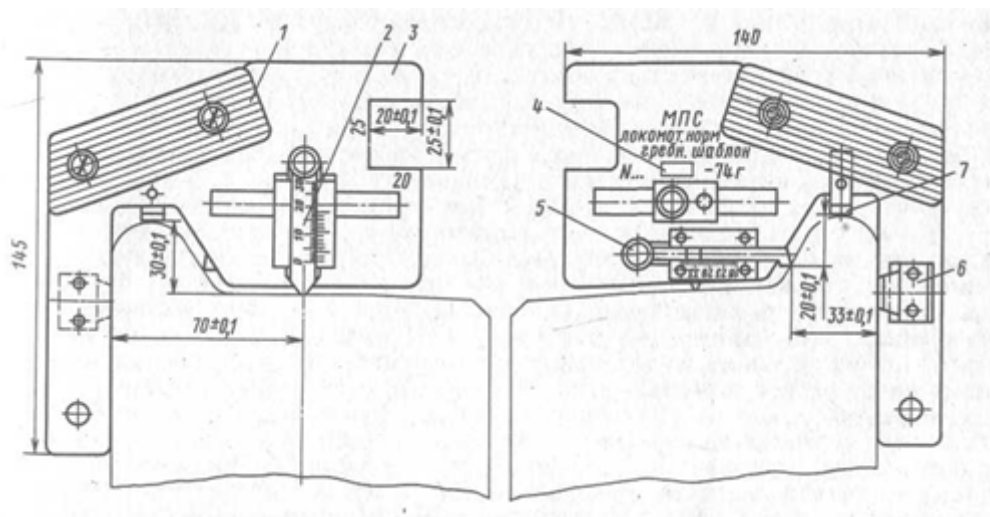


Рисунок 3.2 – Абсолютний шаблон для вимірювання прокату та товщини гребня коліс: 1 — планка ручки; 2—вертикальний движок; 3—основа; 4—клейма заводу-виготовлювача; 5—горизонтальний движок; 6—упорний кутник; 7—упорна ніжка

Гребінь бандажу може мати великий вертикальний підріз. Його визначають за допомогою спеціального шаблону (рис 3.3). Його визначають по відсутності зазору між спеціальним шаблоном та гребнем колеса на висоті 18 мм (рис. 3.4). Якщо зазор в точці А відсутній, то колісна пара не допускається до експлуатації.



Рисунок 3.3 – Спеціальний шаблон

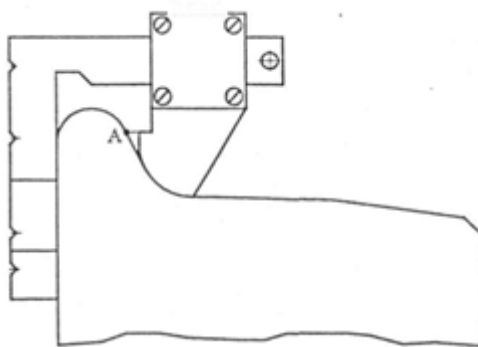


Рисунок 3.4 - Контроль вертикального підрізу гребня.

Товщина ободу колеса вимірюється товщинометром (рис.3.5) в місці найбільшого зносу по колу катання. Розмір товщини обода колеса визначають за шкалою лінійки. Вона щільно притискається до внутрішньої грані обода колеса, а виступ в нижній частині лінійки при цьому заводять під внутрішню поверхню обода і потім вимірювальну ніжку підводять до зіткнення з поверхнею кочення колеса. Також товщинометром можна виміряти глибину плазунів, вищербин, висоту наварів.

						Арк.
						29
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 3.5 - Товщинометр

Щоб визначити дефекти, які неможливо виявити шаблонами, використовують ультразвуковий дефектоскоп УД2-70 (рис.3.6). Він призначений для контролю колісних пар на присутність дефектів типу порушення однорідності та цілісності металу, зварювальних з'єднань, вимірює глибини та координати залягання дефектів та товщину.



Рисунок 3.6 – Ультразвуковий дефектоскоп УД2-70

Сервісні можливості дефектоскопа:

- Великий та яскравий кольоровий дисплей;
- Пам'ять програм налаштувань;
- Пам'ять виміряних товщин;
- Два незалежні строби автоматичної сигналізації дефекту;
- Режим збільшеного екрану;
- Автоматичне регулювання посилення;
- Тимчасове регулювання чутливості;
- Режим "заморозки" екрану;
- Вбудовані календар та годинник;
- Можливість зв'язку з персональним комп'ютером;

						Арк.
						30
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

-Пам'ять А-Скан зображень.

Цей дефектоскоп реалізує три методи неруйнівного контролю, а саме ехо-імпульсний, тіньовий та дзеркально-тіньовий разом із ультразвуковим п'єзоелектричним перетворювачем на номінальні частоти 0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; та 10 МГц.

За своїм функціональним призначенням дефектоскоп відноситься до другої групи ультразвукових дефектоскопів, за своєю конструкцією до переносних, а за степеню участі оператора під час процесу діагностування до ручних.

Основні технічні характеристики дефектоскопа УД2-70 представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1- Основні технічні характеристики дефектоскопа УД2-70

Діапазон товщин підконтрольного матеріалу	Від 2 до 5000 мм
Робочі частоти	0,4; 1,25; 1,8; 2,5; 5,0; та 10 МГц.
Частота зондувальних імпульсів	30;60;120;250;500;1000 Гц
Полярність зондувального імпульсу	Негативна
Амплітуда зондувального імпульсу	Не менше 180 В
Тривалість зондувального імпульсу	Не більше 80 нс
Діапазон регулювання посилення	0...100 дБ
Крок регулювання посилення	0,5 або 1,0 дБ
Дискретність зміни посилення	3...30 дБ
Діапазон затримки	Мінус 2...5000 мм
Дискретність виміру глибини	0,1 мм
Погрішність виміру глибини	$\pm(0,5+0,02 H)$ мм
Дискретність встановлення	1°

Діапазон швидкості УЗК встановлення	1000 ...15000 м/с
Глибина регулювання ВРЧ	80 дБ
Розмір робочої частини екрану	Не менше 320x240 точок
Діапазон робочих температур	-10...+50 °С
Електричне живлення	
-акумуляторне	12 В
-мережа змінного струму	220 В
Час безперервної роботи	Не менше 8 годин
Габарити	245x145x77 мм
Маса	Не більше 3 кг

Суть роботи дефектоскопа заснована на ультразвуковому контактному методі неруйнівного контролю, в якому використовуються властивості ультразвукових коливань відбиватися від межі розділу середовищ із різними акустичними опорами. Ультразвуковий п'єзоелектричний перетворювач випромінює ультразвуковий імпульс в об'єкт діагностування. Відбиті від дефектів чи від поверхні об'єкта ехо-сигнали приймаються ультразвуковим п'єзоелектричним перетворювачем. Отримані електричні сигнали підлягають посиленню, перетворенню в цифрову форму, обробці і висвітленні на дисплей. Відображення прийнятих сигналів на екрані дефектоскопа виконується у вигляді розгортки типу А(А-Скан). Аналізуючи її дефектоскопіст приймає рішення про наявність у об'єкті дефекту і його місцезнаходження.

Конструктивно дефектоскоп виконаний з ударостійкого корпусу з металічною регульованою ручкою для перенесення. На лицьовій панелі дефектоскопа розташований кольоровий графічний дисплей та маслобензостійка плівкова клавіатура. На задній панелі дефектоскопа знаходяться роз'єми для підключення ультразвукового п'єзоелектричного перетворювача, роз'єм синхронізації та порт RS 232 для зв'язку з комп'ютером.

						Арк.
						32
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

4. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СИСТЕМАХ ДІАГНОСТУВАННЯ ЛОКОМОТИВІВ

Як було сказано у попередньому розділі, колісні пари представляють собою важливий елемент локомотива та від їхнього стану залежить безпека руху поїзда. Тому у цьому розділі я б хотів запропонувати сучасні засоби, які використовують для діагностування саме колісних пар.

В локомотивному депо Львів-Захід та на Львівському локомотиворемонтному заводі використовують лише шаблони та дефектоскопи. Діагностування такими способами вимагає значних затрат часу. Автоматизовані системи дозволяють виконувати ці вимірювання за малий період часу, при цьому точність вимірювань зростає в рази. Прикладом є система контролю колісних пар під час руху локомотива.

Розвиток систем безконтактного діагностування колісних пар під час руху засновується на розробці нових технічних рішень з використанням сучасних досягнень в галузях оптики, лазерної техніки та інформаційних технологій. Контроль геометричних параметрів колісних пар при русі може забезпечуватися методами лазерної діагностики з допомогою триангуляційних технологій [13,14].

Принцип роботи триангуляційного вимірювача полягає в тому що на шляху руху колісної пари за допомогою об'єктива формується лазерний промінь, який пересікає колесо. Точка перетину променю лазера з поверхнею колеса, проектується об'єктивом на позиційно-чутливий фото приймач. Траєкторія переміщення проекції цієї точки визначає профіль поверхні катання колеса. Сигнал від позиційно-чутливого приймача фіксується та обробляється сигнальним процесором.

Прикладом системи, в якій використовується триангуляційний метод контролю колісних пар є система "КОМПЛЕКС" (рис.4.1). Під час руху складу поїзда кожне з коліс сканується двома оптичними датчиками. Один з них встановлений із внутрішньої сторони рейки, а другий із зовнішньої. Під

						Арк.
						33
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

час проходження колісних пар через систему, оптичні триангуляційні датчики виміряють відстань до зовнішньої та внутрішньої поверхонь кожного із коліс. В результаті такого вимірювання формується сигнал, який несе інформацію про профіль коліс. Тоді за визначеним профілем вичислюють потрібні геометричні дані. Використання цієї системи дозволяє забезпечувати високу точність вимірювань при швидкостях руху поїзда в діапазоні до 60 км/год.



Рисунок 4.1 – Рейкове обладнання системи “КОМПЛЕКС”

Однією із сучасних тенденцій організації систем для моніторингу колісних пар є інтегрування в рамках єдиного комплексу функцій декількох модулів для забезпечення отримання інформації про параметри колісних пар. Прикладом такої системи являється система “WISE” (рис.4.2).

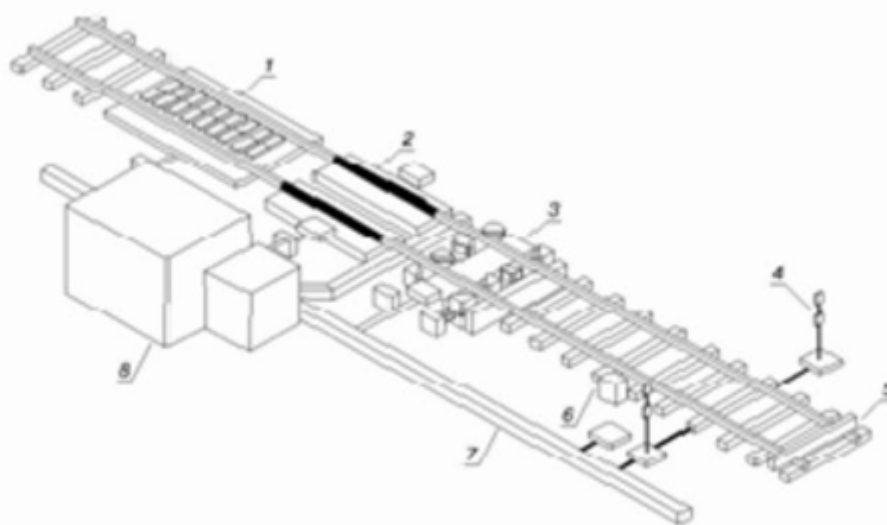


Рисунок 4.2 – Комплексна система контролю колісних пар “WISE”:

1 – модуль вимірювання прокату і овальності; 2 – модуль визначення дефектів колеса; 3 – модуль WISE для вимірювання профілю і діаметра колеса; 4 – датчик положення складу; 5 – датчик наявності сторонніх предметів; 6 – модуль автоматичної ідентифікації рухомого складу; 7 – канал для прокладки кабелів і волокно-оптичних світловодів; 8 – приміщення (бокс) для установки контрольно-вимірювальної апаратури

Система включає в себе пристрої зміни профілю і діаметра колеса, модулі для визначення дефектів та вимірювання овальності та прокату колеса. Принцип роботи модуля заснований на використанні ультразвукових електромагнітних датчиків. Один датчик генерує хвилю, яка розповсюджується в поверхневому шарі колеса, огинаючи його по колу. Другий датчик приймає відображений від дефекту сигнал. Діагностування цією системою проводиться при швидкості руху локомотива 8 км/год.

Ще однією із сучасних систем в області контролю колісних пар є система німецького виробництва “ARGUS” (рис.4.3) [15]. Вона складається із комп’ютера управління та контролю та ряду модулів. Цими модулями являються ідентифікація поїзда, виявлення повзунів, вимірювання діаметра і відстані між внутрішніми гранями коліс, вимірювання профілю та ультразвукової дефектоскопії. Ця система встановлюється на відкритому просторі та є стійкою до високих температур. Датчики захищені захисними корпусами, в які під тиском попадає гаряче повітря. До системи “ARGUS” поставленні жорсткі вимоги, щодо достовірності отриманої інформації під час діагностування. Усі вимірювальні пристрої із зазначеним інтервалом проходять калібрування.

						Арк.
						35
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		



Рисунок 4.3 – Робота лазерних датчиків контролю системи “ARGUS”

Розглянувши ці системи контролю колісних пар під час руху локомотива, можна зробити висновки, що розвиток систем діагностування локомотивів не стоїть на місці. З використанням сучасних технологій можна набагато швидше і точніше визначати наявність дефектів та позбутися їх. На даний момент в Україні немає схожих пристроїв. У нас ще досі використовуються застарілі засоби та системи для діагностування. Проте я надіюся що ми будемо рухатися у правильному і вже скоро і на нашій залізниці з’являться схожі установки.

						Арк.
						36
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

- розглянуто сучасний технічний стан локомотивного парку України;
- представлено загальні відомості діагностування технічного стану тягового рухомого складу;
- наведено параметри, основні задачі та види технічного діагностування локомотивів, їх переваги та недоліки;
- відображено основні засоби діагностування, які використовуються в локомотивному депо «Львів-Захід» та їх основні технічні характеристики;
- запропоновано використання лазерних датчиків контролю системи «ARGUS», що дозволить більш ефективно та оперативно визначати технічний стан колісних пар.

						Арк.
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		37

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. И. А. Биргер Техническая диагностика. – М.: “Машиностроение”, 1978. – 240с.
2. В. И. Бервинов, Е. Ю. Доронин, И. П. Зенин Техническое диагностирование и неразрушающий контроль деталей и узлов локомотивов: Учебное пособие для техникумов и колледжей ж.-д. транспорта, 2008 – 332с.
3. П. П. Пархоменко Основы технической диагностики. В 2-х книгах. О-75 Кн. 1. Модели объектов, методы и алгоритмы диагноза, 1976 – 464с.
4. Киреев А. Н., Киреева М. А. Техническая диагностика подвижного состава: Учебник (электронная версия)/ Луганск: Изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 193с.
5. Математические основы технической диагностики объектов электрических сетей: учеб. пособие в 2 частях. Ч. 1 / В. Е. Бондаренко, О. В. Шутенко, Д. Н. Баклай. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2017. – 256 с.
6. Пышный, И. М. П96 Информационные технологии и системы комплексного контроля технического состояния подвижного состава: конспект лекций / И. М. Пышный. – Екатеринбург: УрГУПС, 2014. – 53 с.
7. Технологическое обеспечение ремонта и повышение динамических качеств железнодорожного подвижного состава: Материалы третьей всероссийской научно-технической конференции с международным участием в трех частях. Часть 1 / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2015. 377 с.
8. Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов ПБОЗ-359-ОЗ, 2003.
9. Четвергов В.А., Овчаренко С.М., Бухтеев В.Ф. Техническая диагностика локомотивов: учебное пособие, 2014. – 371с.

						Арк.
						38
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		

10. Калько В. А. Техническое диагностирование тепловозов в депо / В. А. Калько, Э. Д. Тартаковский //Железнодорожный транспорт. – 1984. – 52с.
11. Колегаев Р. Н. Определение оптимальной долговечности технических систем / Р. Н. Колегаев. -1963. – 227с.
12. Равлюк В. Г. Передовий досвід технічного утримання вагонів: Конспект лекцій. - Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 98с.
13. Автоматический контроль геометрических параметров колесных пар во время движения поезда /А. Н. Байкалов, В. М. Гуренко, В. И. Патерикин. – 2004. – 103с.
14. Измерение параметров колесных пар подвижного состава в движении/ А. З. Венедиктов, В. Н. Демкин, Д. С. Доков. – 2003.
15. Инновационные проекты и технологии в образовании, промышленности и на транспорте: Материалы научной конференции /Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2019. 516с.
- 16.Миронов А. А., Образцов В. Л., Соболев В. Я. Анализ опыта эксплуатации технических средств контроля подвижного состава. – 2005. – 30с.

						Арк.
						39
Зм	Аркуш	№ докум	Підпис	Дата		