

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

АТ «УКРАЇНСЬКА ЗАЛІЗНИЦЯ»
ПАТ «КРЮКІВСЬКИЙ ВАГОНБУДІВНИЙ ЗАВОД»
АТ «ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ СТІЛОЧНИЙ ЗАВОД»
ТОВ «ЗАВОД РЕЙКОВИХ СКРІПЛЕНЬ»
INSTYTUT KOLEJNICTWA
КОРПОРАЦІЯ «ДЕТАЛЬ ВАГОН ГРУП»

МАТЕРІАЛИ
81 Міжнародної науково-практичної конференції
**«ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ
РОЗВИТКУ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ»**

ABSTRACTS
of the 81 International Scientific and Practical Conference
**“PROBLEMS AND PROSPECTS
OF THE RAILWAY TRANSPORT DEVELOPMENT”**

П Р Е П Р И Н Т

ДНІПРО
2021

УДК 656.2

Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту: Тези 81 Міжнародної науково-практичної конференції (м. Дніпро, 2021 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2021. – 404 с.

У збірнику тез доповідей розглянуто питання, присвячені вирішенню актуальних проблем і перспектив розвитку залізничної галузі. Матеріали подано в рамках 81 Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» (далі – Конференція), яку проведено 22-23 квітня 2021 р. у Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ).

Збірник тез доповідей рекомендовано для наукових та інженерно-технічних працівників залізничної галузі, виробників продукції для потреб залізничного транспорту, викладачів, докторантів, аспірантів та студентів закладів освіти, які провадять підготовку фахівців у транспортній галузі.

Науковий комітет Конференції:

Пшінько О. М. – професор, д.т.н., в.о. ректора ДНУЗТ – голова комітету.

Боднар Б. Є. – професор, д.т.н., перший проректор ДНУЗТ – співголова комітету.

Радкевич А. В. – професор, д.т.н., проректор з науково-педагогічної, економічної роботи, перспективного та інноваційного розвитку ДНУЗТ – співголова комітету.

Члени наукового комітету Конференції:

Арбузов М. А. – доцент, к.т.н., доцент кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Афанасов А. М. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електрорухомий склад залізниць», ДНУЗТ.

Болжеларський Я. В. – доцент, к.т.н., директор Львівської філії ДНУЗТ.

Вайчюнас Гедимінас – д.т.н., Вільнюський технічний університет ім. Гедимінеса, Литва.

Вакулєнко І. О. – професор, д.т.н., професор кафедри «Прикладна механіка та матеріалознавство», ДНУЗТ.

Гаврилюк В. І. – професор, д.ф.-м.н., завідувач кафедри «Автоматика та телекомунікації», ДНУЗТ.

Гненний О. М. – доцент, д.е.н., завідувач кафедри «Економіка та менеджмент», ДНУЗТ.

Жуковицький І. В. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Електронні обчислювальні машини», ДНУЗТ.

Зеленько Ю. В. – професор, д.т.н., завідувач кафедри «Хімія та інженерна екологія», ДНУЗТ.

Калівода Я. – професор Празького технічного університету, Чехія.

Капіца М. І. – професор, д.т.н., професор кафедри «Локомотиви», ДНУЗТ.

Козаченко Д. М. – професор, д.т.н., професор кафедри «Управління експлуатаційною роботою», ДНУЗТ.

Козловські А. – д.т.н., професор Вищої Банківської школи, м. Гданськ, Польща.

Костриця С. А. – к.т.н., с.н.с., доцент кафедри «Теоретична та будівельна механіка», ДНУЗТ.

Кривчик Г. Г. – професор, д.і.н., професор кафедри «Філософія та українознавство», ДНУЗТ.

Кузнєцов В. Г. – професор, д.т.н., офіційний представник директора по співпраці зі східними ринками, «Інститут колійництва», Польща.

Курган М. Б. – професор, д.т.н., професор кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Льобер Д. – д.т.н., професор Університету Валансьєн, Франція.

П Р Е П Р И Н Т

Мезітіс М. – д.т.н., професор, директор Інституту транспорту Ризького технічного університету, Латвія.

Мямлін В. В. – с.н.с., д.т.н., професор кафедри «Вагони та вагонне господарство», ДНУЗТ.
Окороков А. М. – доцент, к.т.н., завідувач кафедри «Управління експлуатаційною роботою», ДНУЗТ.

Орсен Т. – д.т.н., професор Національної школи майстерності та професій, Франція.

Сладковський О. В. – д.т.н., професор, завідувач кафедри «Логістика і промисловий транспорт» Сілезького технічного університету, Польща.

Тютькін О. Л. – доцент, д.т.н., в.о. завідувача кафедри «Транспортна інфраструктура», ДНУЗТ.

Яцина М. – к.т.н., професор, декан транспортного факультету Варшавської політехніки, Польща.

Текст тез доповідей учасників Конференції подано мовою оригіналу у редакції авторів.

Офіційна наукова конференція з проблем вищої освіти і науки в системі Міністерства освіти і науки України на 2021 рік: лист Державної наукової установи «Інститут модернізації змісту освіти» від 13.01.2021 р. № 22.1/10-37 «Про Перелік наукових конференцій з проблем вищої освіти і науки у 2021 році».

П Р Е П Р И Н Т

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВОЇ ФОРМИ ВІБРАЦІЇ ТЯГОВИХ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Михалків С. В., Ходаківський А. М.

Український державний університет залізничного транспорту

Mykhalkiv Serhii, Khodakivskiy Andrii. Application of the integrated algorithm for the time-domain vibration analysis of the traction gearboxes.

Summary. *The abstract deals with improvement of the technology for the vibration-based diagnostics of electric train traction gearboxes by means of the introduced alternative statistical analysis method called Integrated kurtosis-based algorithm. The reliability of algorithm has been evaluated by observing the coefficients for different states of traction gearboxes and the coefficient values were compared to the existing statistical parameters, which are root mean square and kurtosis. Finally, the applicability of the Integrated kurtosis-based algorithm was verified. The algorithm which will provide a better account of the useful components of vibration signals compared to commonly used features.*

Зареєстровані вібраційні сигнали механічного обладнання МВРС, ТРС містять детерміновані, стохастичні компоненти і характеризуються численними фазовими, амплітудними, частотними коливаннями та енергетичними змінами. Детерміновану компоненту описують математичною залежністю значень до функції часу, водночас правильна інтерпретація стохастичних компонентів потребує залучення більш складних спектральних методів.

Статистичні індикатори для аналізу часової форми дискретного вібраційного сигналу (середньоквадратичне значення, ексцес, хрест фактор, асиметрія, пікове значення та відношення сигнал/шум) набули широкого вжитку для пошуку пошкоджень у вібродіагностуванні механічних вузлів. Згадані індикатори є простими в застосуванні, однак отримані результати супроводжуються низькою точністю, яка слабшає залежно від складності вузлів, які зазнають діагностування. Здебільшого застосовують k-ий момент вібрації

$$M_k = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^k,$$

де \bar{x} – математичне сподівання, м/с².

Найбільшого вжитку набув 2-ий момент вібрації, або середньоквадратичне значення (СКЗ) та 4-ий момент, або ексцес K. СКЗ є найпоширенішим скалярним індикатором, який дозволяє обліковувати енергію, що генерується й вважається дієвим інструментарієм для стеження за зростанням середньої амплітуди сигналу (ознака наявних розповсюджених пошкоджень) й визначається

$$СКЗ = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i^2},$$

де N – довжина вібраційної реалізації; x_i – поточна величини амплітуди, м/с².

На жаль СКЗ не надає інформації про короткочасні зміни обвідної сигналу. Ексцес володіє високою чутливістю до імпульсного наповнення в сигналах, які асоціюються з наявними пошкодженнями

$$K = \frac{1}{N\sigma^4} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^4,$$

де σ^2 – дисперсія.

Для розподілу Гауса $K \approx 3$, якщо результати подальших обчислень перевищують 3, то це означає наявність стрімкіших піків і, відповідно, пошкоджень. Очевидно, що подібне значення є занадто спрощеним для того, щоб запропонувати «швидку» діагностику з багатьох причин. Поріг має обиратись для кожного конкретного випадку й може встановлюва-

тись для максимального рівня еталонного сигналу, також число порогів може бути більше одного. Чутливість ексцесу до імпульсів призводить до зростання значень ексцесу й демонстрацією майже нульових значень за умови наявного шуму. Отже, спершу імпульси мають відфільтровуватись для набуття сильно вираженого характеру про що свідчитиме висока величина відношення сигнал-шум. Шум зазвичай заповнює широкий частотний діапазон і маскує сигнал, що несе діагностичну цінність. Результатом цього є неспроможність ексцесу зафіксувати характерні піки імпульсів, які асоціюються з пошкодженнями й фактично величина ексцесу є трохи вище за нуль. Заразом усі методи з використанням статистичних індикаторів демонструють їх зростання при настанні аварійного стану, хоча особливості навантаження та конструкції призводять до набуття різних значень статистичних індикаторів із високою схильністю до значних коливань, або несуттєвих відмінностей між справним і несправним вузлом, що визначає їх низьку спроможність ефективно визначати технічний стан елементів тягових редукторів електропоїздів.

Комплексний алгоритм, який заснований на ексцесі є альтернативним статистичним аналізом, який надає низку переваг упродовж обліку складових вібрації різної природи порівняно з класичними й може додатково використовуватись до наявних методів. Коефіцієнт комплексного алгоритму визначається

$$Z^{\infty} = 1/N \cdot \sqrt{K \cdot s^4}.$$

Упродовж експериментальних досліджень колісна пара КРБ на випробувальному стелі розкручувалась до частоти обертання 219 об/хв. Вібрація реєструвалася у широкому частотному діапазоні $f_{\text{ш}} = 0 - 9$ кГц віброакселерометром, що кріпився до поверхні підшипникової кришки тягового редуктора і в цифровому самописці відбувалося перетворення вібраційної реалізації в дискретну форму з частотою дискретизації $f_s = 46$ кГц. Обчислення статистичних індикаторів та їх відхилень для справного тягового редуктора, для тягового редуктора з пошкодженим підшипником передньої кришки та для тягового редуктора з пошкодженим підшипником і зубчастим зачепленням здійснювалось у низькому частотному діапазоні $f_{\text{н}} = 0 - 0,5$ кГц, високому частотному діапазоні $f_{\text{в}} = 7 - 9$ кГц та у $f_{\text{ш}}$ (табл. 1).

Таблиця 1

Статистичні індикатори для різних технічних станів елементів тягового редуктора електропоїзда

	СКЗ	d, %	K	d, %	Z^{∞}	d, %
Справний тяговий редуктор, $f_{\text{ш}}$	0,038	72,9	4,7	73,3	$1,57 \cdot 10^{-10}$	99,4
Пошкоджений підшипник і зубчасте зачеплення, $f_{\text{ш}}$	0,14		17,6		$2,54 \cdot 10^{-9}$	
Пошкоджений підшипник, $f_{\text{ш}}$	0,065	53,6	4,86	72,4	$2,23 \cdot 10^{-9}$	91,2
Справний тяговий редуктор, $f_{\text{н}}$	0,0053	80,5	5,24	6,6	$8,7 \cdot 10^{-11}$	98,3
Пошкоджений підшипник і зубчасте зачеплення, $f_{\text{н}}$	0,0196	27,9	5,61		$5,09 \cdot 10^{-9}$	
Пошкоджений підшипник, $f_{\text{н}}$	0,0272		3,57	36,4	$2,9 \cdot 10^{-10}$	94,3
Справний тяговий редуктор, $f_{\text{в}}$	0,0083	77,4	5,01	82,2	$4,2 \cdot 10^{-9}$	93,6
Пошкоджений підшипник і зубчасте зачеплення, $f_{\text{в}}$	0,0368		28,2		$6,6 \cdot 10^{-8}$	
Пошкоджений підшипник, $f_{\text{в}}$	0,0111	69,8	8,14	71,1	$9 \cdot 10^{-9}$	86,4

Обчислені коефіцієнти Z^{∞} характеризуються найвищими відхиленнями серед інших двох поширених статистичних індикаторів, що визначає їх найкращу ефективність із відокремлення різних станів елементів тягових редукторів електропоїздів.

Отже, найкращий статистичний індикатор для діагностування технічного стану механічного вузла повинен володіти адаптивністю, точністю, гнучкістю, низькою чутливістю до наявного шуму, володіти здатністю одночасного виявлення амплітудних і частотних змін й зазнавати простої інтерпретації.

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ ОДНОФАКТОРНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

Коваленко В.І., Жалкін Д.С.

Український державний університет залізничного транспорту

Kovalenko Vitaliy, Zhalkin Denis. Prediction of reliability indicators of locomotives based on one-factor regression model.

Summary. *On the basis of statistical data collected in the locomotive depot, a one-factor regression model was obtained, on the basis of which a short-term forecast of the failure rate of locomotives was made. The conclusion is made about the insufficient efficiency of predicting the reliability indicators of locomotives on the basis of one-factor regression and the expediency of using multifactor regression models with indicator variables for extrapolation.*

Надто важливе місце у вирішенні проблеми підвищення використання тягового рухомого складу в умовах дії на них швидкозмінних експлуатаційних та кліматичних факторів займають питання оптимального управління надійністю локомотивів та їх агрегатів, засновані на методах прогнозування їх технічного стану.

Прогнозування технічного стану локомотивів повинно спиратися на вивчення тенденцій, що спостерігаються у змінненні їх поточного стану, який в експлуатації локомотивів визначається сукупністю значень показників надійності. Таким чином, прогнозування залишкового ресурсу локомотивів повинно базуватися на прогнозуванні значень відповідних показників їх надійності. Це може здійснюватися на базі математичного апарату екстраполяції процесів, які описують закономірності змінення показників надійності локомотивів в процесі експлуатації.

У якості показника надійності локомотивів було обрано ретроспективний ряд потоку їх відмов по локомотивному депо Основа регіональної філії "Південна залізниця" ПАТ "Укрзалізниця" помісячно за період 5 років.

Доволі прості та наочні прогнозні моделі часових рядів з нелінійною динамікою розвитку можна одержати на основі однофакторного регресійного аналізу.

Проведений візуальний аналіз динаміки часового ряду кількості непланових ремонтів на 10^6 км. пробігу у межах полігону експлуатації локомотивів локомотивного депо Основа свідчить про поліноміальний клас кривої зростання.

Враховуючи вищесказане, для полігону експлуатації локомотивів локомотивного депо Основа було одержано в явному вигляді математичну однофакторну регресійну модель змінення надійності локомотивів у часі. Оцінювання коефіцієнтів моделі виконувалося за відомими методиками.

Оцінка адекватності моделі здійснювалася за допомогою коефіцієнта розходження Тейла V , середньої абсолютної похибки апроксимації \bar{e} , середньої відносної похибки апроксимації A , коефіцієнта кореляції, R .

Аналіз критеріїв адекватності апроксимації свідчить про достатню якість одержаної однофакторної регресійної математичної моделі ($V=0,094$, $\bar{e}=0,849$, $A=7,408$, $R=0,922$). За одержаною регресійною математичною моделлю було виконано прогнозування потоку відмов локомотивів по полігону експлуатації локомотивів локомотивного депо Основа на 5 кроків. Проте, незважаючи на достатньо якісну апроксимацію одержаною однофактор-

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1 «ЕКСПЛУАТАЦІЯ І РЕМОНТ ЛОКОМОТИВІВ»

ФОРМУВАННЯ ЛАТЕНТНИХ ДІАГНОСТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ВУЗЛІВ ЛОКОМОТИВІВ

Боднар Б.Є., Очкасов О.Б., Децюра О.Я.....4

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗАВОДСЬКИХ ВИПРОБУВАНЬ ТЯГОВИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ТЕПЛОВОЗІВ

Красильников В.М., Мовчан С.М., Гладкий Д.В.6

ВИБІР РЕЖИМУ РОБОТИ СИЛОВОЇ УСТАНОВКИ ТЕПЛОВОЗА

Мартишевський М.І.....7

ОБ'ЄКТИВНІСТЬ ВИМІРЮВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ РОБОТИ ТРС ЗАЛІЗНИЦЬ

Мартишевський М.І.....8

СИСТЕМА БЕЗПЕКИ ДВЕРЕЙ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Бобирь Д. В., Сердюк В. Н., Бронштейн Я. І.9

УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ СЕРВІСУ ЛОКОМОТИВНОГО ПАРКУ

Мацегора Д.О., Крашенінін О.С.11

ГІБРИДНА СИЛОВА УСТАНОВКА ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДА ЗІ ГІДРОПЕРЕДАЧОЮ ПОТУЖНОСТІ

Жалкін С.Г.....13

СТАТИСТИЧНИЙ МЕТОД НОРМУВАННЯ ВИТРАТИ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ТЯГУ ДЛЯ ЛОКОМОТИВІВ ТА МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

Барібін М.А., Карашук В.О., Клецька О.В., Іванченко Д.А.14

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВОЇ ФОРМИ ВІБРАЦІЇ ТЯГОВИХ РЕДУКТОРІВ ЕЛЕКТРОПОЇЗДІВ

Михалків С. В., Ходаківський А. М.....16

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЛОКОМОТИВІВ НА ОСНОВІ ОДНОФАКТОРНОЇ РЕГРЕСІЙНОЇ МОДЕЛІ

Коваленко В.І., Жалкін Д.С.18

ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИСОКОШВИДКІСНОГО НАЗЕМНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Сохацький А.В., Арсенюк М.С.19

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ ВИПРОБУВАНЬ ТУРБОКОМПРЕСОРІВ ДИЗЕЛІВ ТЕПЛОВОЗІВ ПІСЛЯ РЕМОНТУ

Жалкін Д.С., Кушпіль Б-Я. І.....21

АНАЛІЗ ПІДХОДІВ ДО РОЗРОБКИ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПАРКАМИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Очкасов О.Б., Очеретнюк М.В.23

КАЛІБРУВАННЯ ТЕНЗОМЕТРИЧНИХ АВТОЗЧЕПЛЕНЬ

Олешко С. Б.....25