

Міністерство інфраструктури України
Державне підприємство «Державний науково-дослідний центр залізничного
транспорту України»

СКУРІХІН ДМИТРО ІГОРОВИЧ

УДК 629.45:629.4.027.11

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТА ДІАГНОСТИКИ КОЛІСНИХ ПАР ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ
НА ОСНОВІ МЕТОДУ АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2014

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту,
Міністерство освіти і науки України.

Науковий керівник – кандидат технічних наук, доцент
Бондаренко В'ячеслав Володимирович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра вагонів, доцент кафедри

Офіційні опоненти – доктор технічних наук, професор
Павленко Альберт Прокопович,
ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного
транспорту України»,
головний науковий співробітник

кандидат технічних наук, ст. наук. співробітник
Водянніков Юрій Якович,
ДП «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування»,
провідний науковий співробітник

Захист відбудеться «27» червня 2014 р. о 13:00 годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради К26.885.01 в Державному підприємстві «Державний науково-дослідний
центр залізничного транспорту України», 03038 м. Київ, вул. Федорова, 39.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Державного підприємства
«Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України»,
03038 м. Київ, вул. Федорова, 39.

Автореферат розісланий «__» _____ 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

С. Г. Грищенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Надійність пасажирських вагонів значною мірою залежить від технічного стану колісних пар. Згідно з проведеними дослідженнями серед відмов колісних пар найбільш розповсюдженими є: вищербини (44%), повзуни (14%) та навари (14%) на поверхні кочення коліс. Утворення вказаних пошкоджень і подальша експлуатація несправних коліс призводить до руйнування підшипників буксових вузлів і зниження довговічності осі колісної пари. Короткі нерівності на поверхні коліс при укочуванні утворюють нерівномірний прокат особливо небезпечний при підвищених швидкостях руху (120-160 км/год) і є таким, що важко підлягає виявленню в експлуатації. У місцях повзунів, які укочені, і наварів також відбувається викришування сталі обода, що за подальшої експлуатації призводить до руйнування колеса. В такому випадку доцільним є оперативне реагування на утворення зазначених пошкоджень колісних пар і мінімізація шкідливих наслідків.

Одним із шляхів удосконалення технології технічного обслуговування та діагностування колісних пар пасажирських вагонів є впровадження методів і засобів віддаленого автоматизованого контролю їх технічного стану. Для контролю колісних пар вагона під час руху використовують різноманітні системи: автоматизовану систему моніторингу поточного стану механічної частини пасажирських вагонів, пристрій на базі електромагнітно-акустичних перетворювачів та ін. У подібних системах застосовуються методи, які потребують безпосереднього контакту з об'єктом контролю, при цьому датчики розташовують на елементах ходових частин вагонів, що ускладнює конструкцію та технічне обслуговування візків. Виходячи з цього, дослідження із вдосконалення методу акустичного контролю колісних пар вагонів під час руху є науково актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана згідно з «Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки», яка затверджена наказом Міністра транспорту та зв'язку України від 14 жовтня 2008 р. №1259, госпдоговірною науково-дослідною роботою «Розробка програми-методики та проведення експлуатаційних випробувань герметиків-фіксаторів для буксових вузлів та гальмівного обладнання вантажних вагонів» (№ДР 0112U002034 від 2012 р), яка виконана в Українській державній академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ).

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є удосконалення технології технічного обслуговування колісних пар пасажирського вагона за рахунок своєчасного виявлення пошкоджень коліс під час руху бортовою діагностичною системою та підвищення ефективності діагностики колісних пар на основі науково обґрунтованого підходу з використанням методу акустичного контролю.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- дослідити вплив методів та засобів діагностики і контролю технічного стану колісних пар наземними та бортовими системами на ефективність технології технічного обслуговування пасажирських вагонів;

- оцінити показники надійності колісних пар, що впливають на готовність пасажирських вагонів в експлуатації;

- провести аналіз коливань колісної пари під час її руху з короткою нерівністю на поверхні кочення, як основу для формування діагностичної моделі акустичного методу контролю;

- сформувати діагностичну матрицю методу акустичного контролю колісних пар шляхом отримання залежності звукового тиску від розміру короткої нерівності поверхні кочення колеса та швидкості руху вагона;

- визначити місця концентрації звукового тиску у підвагонному просторі;

- удосконалити метод акустичного контролю колісних пар на основі виділення інформативних діагностичних ознак звукового сигналу від удару коліс з короткими нерівностями поверхні кочення по рейці за рахунок використання математичного апарату розпізнавання образів;

- експериментально дослідити джерела шуму пасажирських вагонів під час рейсу;

- на основі допрацьованого методу розробити, виготовити та випробувати в експлуатації бортовий пристрій акустичного контролю технічного стану колісних пар.

Об'єкт дослідження - коливання колісної пари при русі з короткою нерівністю на поверхні кочення колеса.

Предмет дослідження - методи та засоби акустичного контролю колісних пар.

Методи дослідження. При вирішенні поставлених задач використовувалися: методи теорії імовірності та математичної статистики, методи скінченно- і гранично-елементного моделювання, теорія пружних коливань, методи функціональної акустичної діагностики і розпізнавання образів, сучасні методи проведення вимірів, фізичні експерименти в лабораторних умовах і в експлуатації.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше:

- вирішено задачу щодо оптимального розміщення первинних перетворювачів пристрою акустичного контролю в підвагонному просторі пасажирського вагона на основі розробленої гранично-елементної акустичної моделі, яка дозволяє дослідити зовнішню та внутрішню акустику конструкції кузова;

- структурна модель колісної пари сполучена з акустичною, що дозволило імітувати шумовипромінення конструкції з метою вирішення задачі формування діагностичної матриці методу акустичного контролю колісних пар;

- експериментально отримані амплітудно-частотні характеристики джерел акустичного шуму при русі пасажирських вагонів, які враховані при розробці технічних вимог до пристрою акустичного контролю.

Доопрацьовані та отримали подальший розвиток:

- процедура віднесення акустичного сигналу до класів звукових образів, що враховує діагностичні ознаки руху колісної пари з короткою нерівністю на поверхні кочення, яку реалізовано у пристрої акустичного контролю;

- спосіб виявлення джерела звуку на основі бінаурального ефекту, який на відміну від існуючих способів дозволяє ідентифікувати несправну колісну пару, використовуючи 3 датчики на вагон;

- спосіб віддаленого контролю технічного стану колісних пар, який відрізняється від існуючого тим, що дозволяє надати машиністу рекомендації про швидкісний режим ведення поїзда та робітникам пункту технічного обслуговування підготуватися до ремонту.

Практичне значення отриманих результатів.

1. Система віддаленого акустичного контролю технічного стану колісних пар дозволяє:

- визначити технічний стан підвагонного обладнання і ходових частин як у вагонах поїздів, так і в пунктах віддаленого моніторингу;
- автоматично визначити номер вагона та несправної колісної пари для попередження виникнення аварійних умов у вагоні на шляху прямування;
- зафіксувати координати аварійних ділянок залізничної колії;
- скоротити час простою поїзда для технічного обслуговування на проміжних станціях шляхом завчасного попередження чергового по станції про потенційні об'єми робіт, які необхідно провести на поїзді після його прибуття.

Оригінальність системи віддаленого акустичного контролю колісних пар та пристрою, який входить до її складу, підтверджена патентом України на винахід № 96483.

Виявлення на ранній стадії пошкоджень колісних пар дозволяє підвищити безпеку руху та запобігти сходу з рейок рухомого складу, який може відбутися в результаті появи та розвитку втомної тріщини диску колеса та його зламу. Очікуваний економічний ефект від впровадження пристрою акустичного контролю становить 150934 грн. (парк 771 ваг.) з розрахунку на один випадок сходу, якого вдалося запобігти.

2. Розроблена акустична модель пасажирського вагона дозволяє отримати розподіл в підвагонному просторі звукового тиску від коливань колісної пари, а також інших джерел звукових коливань. Це дозволить зокрема підвищити шумоізоляційні характеристики пасажирського вагона. Економічна ефективність впровадження результатів моделювання досягається за рахунок підвищення комфорту пасажирів. Річний економічний ефект складає 17353,8 грн. на один вагон при терміні окупності 1,6 року.

3. Основні положення дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі УкрДАЗТ при підготовці спеціалістів за спеціальністю «Вагони та вагонне господарство» з дисциплін «Автоматика та автоматизація устаткування вагонів та технологічних процесів», «Надійність та технічна діагностика ЗРС», «Основи технічного обслуговування вагонів».

Особистий вклад автора. Усі положення і результати, які виносяться на захист, були отримані автором самостійно. В роботах, опублікованих у співавторстві, дисертанту належить:

- [1] – збір і аналіз первинної документації по відмовах пасажирських вагонів;
- [3] – виявлення діагностичних ознак коливань колісної пари;
- [4] – розробка процедури розпізнавання образів та способу виявлення джерела звуку на основі бінаурального ефекту для виявлення пошкоджень колісних пар під час руху вагона;
- [5] – формування гранично-елементної акустичної моделі вагона, дослідження механізмів шумовипромінення вагонів;
- [6] – розроблення спрощеної моделі первинного коливання колісної пари при її русі з короткою нерівністю на поверхні кочення;
- [7] – огляд і аналіз систем діагностики ходових частин рухомого складу залізниць України та світу;

[8] – аналіз літературних джерел в сфері технічного обслуговування вагонів та контролю технічного стану колісних пар;

[9] – обґрунтування необхідності контролю технічного стану ходових частин під час руху вагона;

[10] – патентний пошук і участь у розробці концепції способу та пристрою акустичного контролю колісних пар під час руху вагона;

[11] – вибір шляху підвищення коефіцієнта готовності пасажирських вагонів, участь у розробці способу віддаленого контролю технічного стану колісних пар;

[12] – аналіз існуючих засобів неруйнівного контролю ходових частин вагонів.

Апробація результатів дисертації. Дисертаційна робота доповідалась, обговорювалась і була схвалена на засіданнях кафедри «Вагони» Української державної академії залізничного транспорту та наступних науково-практичних конференціях:

- XVII міжнародній науково-практичній конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, здоров'я» НТУ «ХП» (Харків, 2009);

- V міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування транспорту: управління, економіка і технології» ДЕГУТ (Київ, 2011);

- XXXVI научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников Харьковской национальной академии городского хозяйства (Харьков, 2012).

Повністю дисертаційна робота доповідалася на розширеному засіданні кафедри «Вагони» УкрДАЗТ, засіданні науково-технічної ради ДП «УкрНДІВ» та науковому семінарі ДП «ДНДЦ УЗ» у 2013 р. за участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 6 основних наукових праць та 3 додаткові, у тому числі патент на винахід. Основні 6 статей опубліковано у фахових наукових виданнях України (у тому числі одна з них без співавторів та одна у виданні, яке включено до міжнародних наукометричних баз).

Структура і обсяг дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел та трьох додатків.

Повний обсяг дисертації складає 147 сторінок, у тому числі 104 сторінки основного тексту, 12 сторінок додатків, 11 таблиць, 55 рисунків, список використаних літературних джерел із 120 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, викладено наукову новизну, практичне значення, інформацію про апробацію і публікацію основних положень і результатів роботи.

У першому розділі проведено огляд технологій технічного обслуговування пасажирських вагонів, аналіз методів діагностики та неруйнівного контролю ходових частин вагонів та вибір методу контролю технічного стану колісних пар під час руху.

Підвищенню ефективності використання та вдосконаленню методів контролю і діагностики рухомого складу залізниць сприяли наукові дослідження О.Б. Бабаніна, Т.В. Бутько, А.З. Венедиктова, Ю.Я. Водяннікова, А.В. Донченка, Ю.В. Дьоміна,

М.Б. Кельріха, Д.В. Ломотька, І.Е. Мартинова, В.І. Мороза, Ю.І. Осеніна, А.Т. Осяєва, А.П. Павленка, С.В. Панченка, В.Г. Пузиря, В.М. Самсонкіна, Е.Д. Тартаковського, О.В. Устенка, А.П. Фалендиша. Огляд технологій технічного обслуговування та аналіз методів неруйнівного контролю ходових частин пасажирських вагонів показав, що на залізницях країн світу останнім часом більш широке застосування знаходять наземні та бортові акустичні системи контролю і діагностики під час рейсу поїзда. У більшості бортових систем контролю ходових частин первинні перетворювачі діагностичних параметрів (датчики) монтують на елементах конструкції візків. Недоліками таких систем є громіздкість конструкції, невисока надійність і труднощі під час технічного обслуговування. На залізницях України технічний стан колісних пар контролюють оглядачі вагонів на станціях прямування, що не забезпечує належної якості, безперервності і оперативності контролю.

Оскільки передача результатів діагностики має важливе значення, для оперативного реагування на зміну технічного стану устаткування вагона в режимі реального часу необхідні спеціалізовані системи комунікації. Істотною перевагою використання бортових систем контролю для технічного обслуговування вагонів є використання сучасних систем цифрового зв'язку, Інтернету та визначення місця розташування об'єкта.

Для вдосконалення технології технічного обслуговування, підвищення надійності колісних пар і готовності пасажирських вагонів в експлуатації доцільним є адаптація методу і розробка бортового пристрою акустичного контролю колісних пар, який є складовою системи віддаленого контролю поїздів.

У другому розділі наведена оцінка надійності колісних пар пасажирських вагонів в експлуатації.

Для вибору шляхів підвищення готовності пасажирських вагонів проведена оцінка показників надійності колісних пар. Збір даних для оцінки показників надійності колісних пар проводився по вагонній дільниці ВЧ-1 Південної залізниці (приписний парк 771 ваг). У якості первинної документації використані повідомлення про ремонт вагона форми ЛВУ-23М за період 2 роки або 300 тис. км пробігу, що відповідає інтервалу між деповськими ремонтами пасажирського вагона.

Дані відмов колісних пар статистично оброблені і дібрані закони розподілу. До раптових віднесені відмови зі стрибкоподібною зміною технічного стану: повзуни та навари. Відмови через зношування та руйнування від втоми віднесені до поступових: місцеве розширення обода, рівномірний і нерівномірний прокати, кільцеві виробітки, тонкий гребінь, гострий накат гребеня, тонкий обід, вищербини. Після апроксимації експериментальних розподілів різними функціями з'ясувалося, що для розподілу раптових відмов найбільше підходить експоненціальна функція з параметром $\lambda = 1,9 \cdot 10^{-4}$, для поступових – гамма-функція з параметрами $\alpha = 3,642$; $\beta = 2095,388$ (рис. 1). Адекватність теоретичних розподілів емпіричним перевірена на імовірнісному папері.

Розрахунки показали, що відмови коліс гальмового походження, як і більшість раптових відмов, найбільш часто виникають у початковий післяремонтний період, далі їх кількість зменшується. Максимальна щільність розподілу поступових відмов припадає на період 4000-8000 годин (5-10 міс.) напрацювання від останнього ремонту, що узгоджується із процесами природнього зношування і викришування від втоми поверхні кочення коліс вагонів.

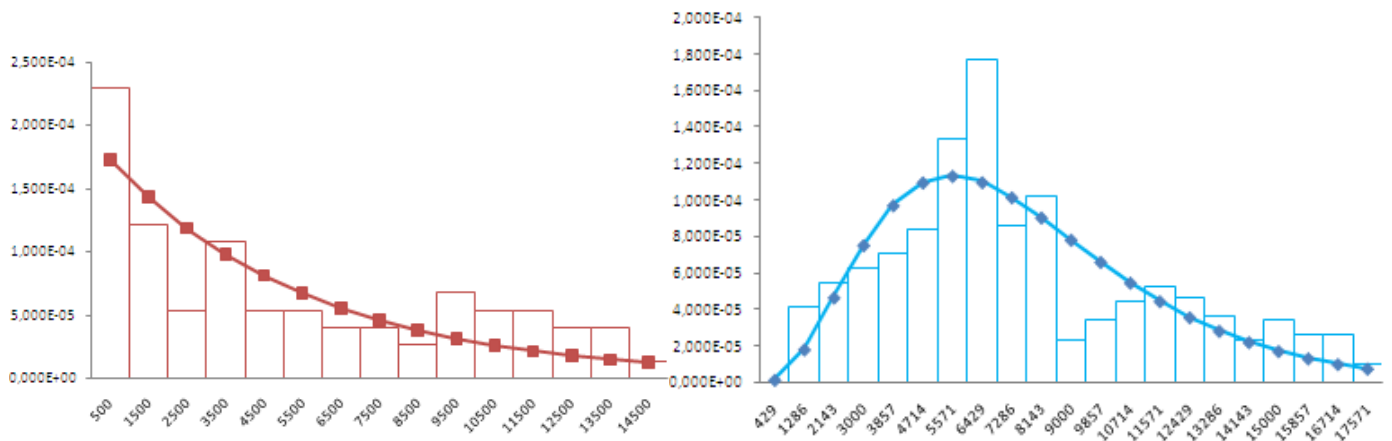


Рис. 1. Емпіричні та теоретичні щільності відносних частот раптових і поступових відмов колісних пар

Виключити появи відмов у вигляді коротких нерівностей коліс конструкційними, технологічними та експлуатаційними заходами складно, оскільки причинами їхнього виникнення, поряд з іншими, можуть бути випадкові непрогнозовані фактори, такі як: короточасні динамічні розвантаження колісних пар при проході по нерівностях рейкових ниток, зниження коефіцієнту зчеплення коліс із рейками під час атмосферних опадів, взаємний вплив відмов коліс та ін. У цьому випадку актуальною представляється задача оперативної реєстрації відмови колісної пари на шляху прямування і своєчасного оповіщення поїзної бригади та наземних служб для запобігання загрози безпеці руху, мінімізації можливого збитку від пошкоджень буксових вузлів і скорочення часу на технічне обслуговування рухомого складу.

Надійність колісних пар характеризується середнім часом відновлення до працездатного стану та впливає на готовність пасажирських вагонів. За середній час відновлення приймаємо час заміни колісної пари на шляху прямування:

$$T_{\text{в}} = t_{\text{з}} + t_{\text{д}} + t_{\text{о}} + t_{\text{п.д}}, \quad (1)$$

де $t_{\text{з}}$ — час заміни колісної пари;

$t_{\text{д}}$ — час на маневрові роботи;

$t_{\text{о}}$ — час на контроль колісних пар під вагонами;

$t_{\text{п.д}}$ — затримка у зв'язку відсутністю потрібної колісної пари.

Підвищення надійності колісних пар можна досягти завдяки зменшенню часу на їхній контроль під вагонами $t_{\text{о}}$ і скороченню простою в зв'язку з відсутністю відповідної колісної пари $t_{\text{п.д}}$, шляхом оперативного контролю технічного стану колісних пар під час рейсу вагона і своєчасної підготовки до ремонту на ПТО. Результат отримується завдяки суміщенню операцій, що проводять на шляху прямування (контроль технічного стану; визначення номера вагона та несправної колісної пари, визначення найближчого ПТО) і операцій, що проводять на ПТО (виклик робітників та підготовка обладнання, підготовка до відчеплення вагона, транспортування нової колісної пари до місця заміни).

У результаті оперативного виявлення пошкодження колеса під час рейсу пасажирського поїзда було розраховано, що середній час відновлення колісної пари до працездатного стану скорочується на 1,3 год.

У **третьому розділі** виконано математичне моделювання коливань колісної пари при її русі з короткою нерівністю на поверхні кочення з метою проведення акустичного аналізу, розробки діагностичної моделі методу та визначення місць концентрації звукового тиску в підвагонному просторі.

Динамічний аналіз проведений скінченно-елементним методом за розрахунковою схемою (рис. 2). Частоти й форми власних коливань колісної пари знайдені в площині дії вертикального навантаження, з діапазону яких обрані дві перші основні форми у вертикальній поперечній площині на частотах 72 і 181 Гц. Вимушені коливання колісної пари при русі з короткою нерівністю є несталими, тому для моделювання такого руху використовувався лінійний динамічний аналіз перехідних процесів.

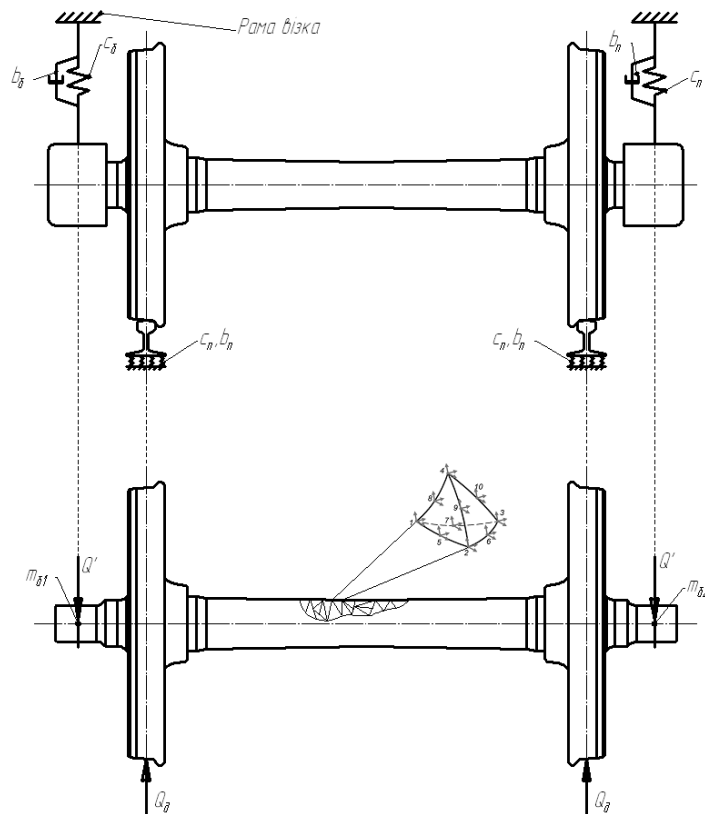


Рис.2. Розрахункова схема колісної пари для динамічного аналізу

Проведений аналіз показав, що домінуючий вплив на силу ударної взаємодії Q_∂ чинять швидкість поїзда v і розміри короткої нерівності на поверхні кочення колеса l_0 . Для моделювання руху колісної пари з короткою нерівністю розроблена спрощена модель первинного коливання у вигляді послідовності прямокутних імпульсів (рис. 3). Крива зміни вертикальної сили при русі колеса з короткою нерівністю на поверхні кочення $Q_\partial(t_j)$ представлена у вигляді суми одиночних імпульсів зміщених на тривалість імпульсу і період їх проходження:

$$Q(t) = \frac{[Q_{ст}(T_0 - t_{уд}) + Q_д t_{уд}]}{T_0} + \sum_{n=1}^{\infty} \left[2 \left(\frac{Q_д - Q}{\pi n} \right) \left(\cos \frac{\pi n (2t_з + t_{уд})}{T_0} \sin \frac{\pi n t_{уд}}{T_0} \right) \cos \frac{2\pi n}{T_0} t \right. \\ \left. + 2 \left(\frac{Q_д - Q}{\pi n} \right) \left(\sin \frac{\pi n (2t_з + t_{уд})}{T_0} \sin \frac{\pi n t_{уд}}{T_0} \right) \sin \frac{2\pi n}{T_0} t \right], \quad (2)$$

де $t_з$ – зсув у часі відносно $t_j = 0$;

N – кількість імпульсів у послідовності;

$t_{уд}, T_0$ – тривалість і період проходження імпульсів;

$Q_{ст}$ – статичне навантаження від колеса на рейку.

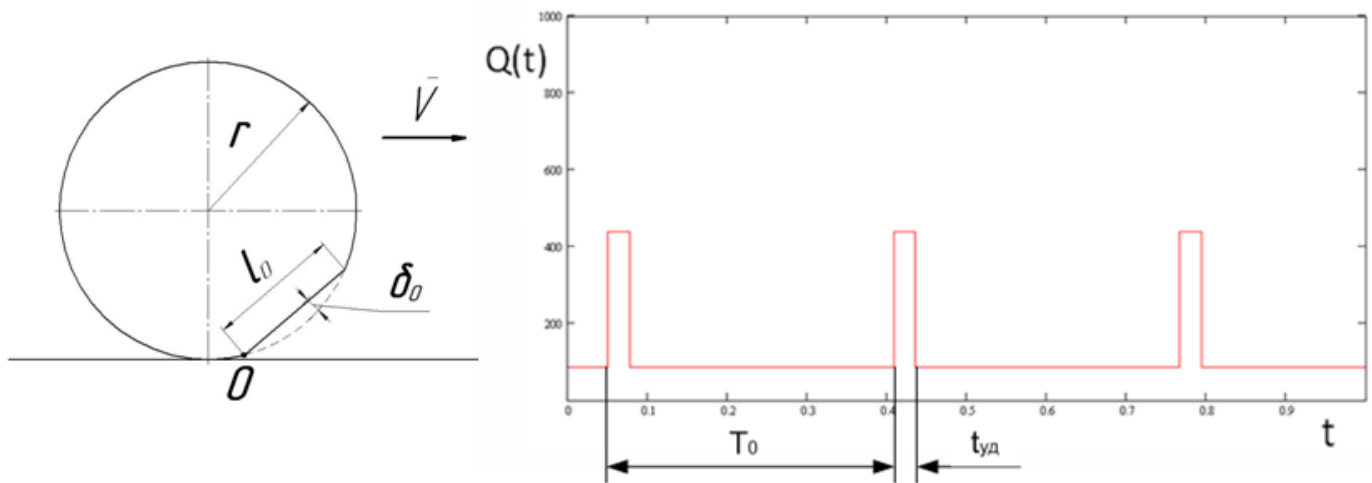


Рис. 3. Імпульсна послідовність зміни вертикальної сили при русі колеса з короткою нерівністю на поверхні кочення

У виразі (2) формується масив значень $Q_д(t_j)$, у якому для кожного j -го відліку визначено значення, що відкладається по осі ординат. Додавши одиночні імпульси, зміщені по осі часу на $T_0 \cdot N$, одержимо необхідну послідовність імпульсів з варійованими значеннями тривалості і періоду їх проходження.

Результати розрахунків залежностей вертикальних сил $Q_д$ від часу були використані як вихідні дані для динамічного аналізу перехідних процесів. Результати останнього подані на ілюстраціях (рис. 4) у вигляді залежностей переміщень колісної пари від часу.

Таким чином, у результаті моделювання було визначено, що:

- При русі з короткою ізольованою нерівністю на поверхні кочення колеса максимальні вібропереміщення реалізуються на першій власній частоті коливань колісної пари $f = 72,4 \text{ Гц}$.

- При розмірах нерівності $0,001 < \delta_0 \leq 0,012 \text{ м}$ у проміжках між ударами на швидкості 30 км/год коливання загасають повністю і стан системи наближається до випадку статичного навантаження (рис. 4 а, в, д, ж). На швидкості 60 км/год процес не встановлюється до наступного удару, тобто коливання накладаються одне на одне (рис. 4 б, г, е, з).

- Тривалість ударної взаємодії колеса та рейки не залежить від швидкості вагона та розміру нерівності на поверхні кочення колеса. Ця величина лежить у межах $1 < t_{уд} \leq 2$ мс і може бути використана як діагностичний параметр для ідентифікації несправної кінематичної пари.

Проведений динамічний аналіз служить початковими умовами акустичного аналізу і дає змогу визначити діагностичні параметри для автоматичної ідентифікації коротких нерівностей на поверхні кочення колеса методом акустичного контролю.

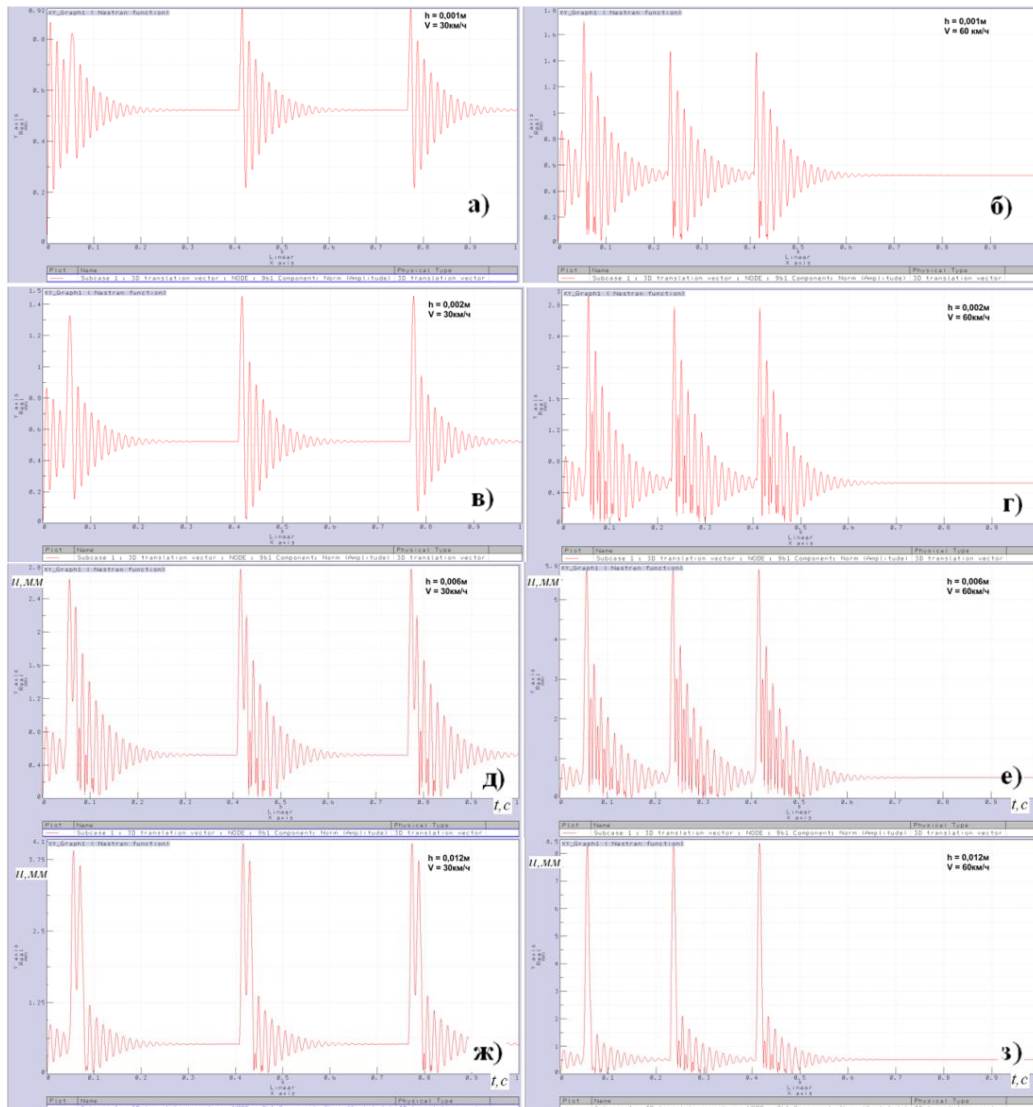


Рис. 4. Амплітудно-часові залежності вібропереміщень середньої частини осі колісної пари при її русі з короткою нерівністю на поверхні кочення колеса

Четвертий розділ містить теоретичні результати досліджень механізмів випромінювання шуму вагонами, гранично-елементного моделювання розповсюдження звукових коливань від колісних пар в підвагонному просторі; сформована діагностична модель методу акустичного контролю; встановлені критерії віднесення звукового образу до обраних класів; розроблений спосіб ідентифікації несправної колісної пари на основі бінаурального ефекту.

В роботі запропонована схема механізму шумоутворення та шумовипромінення від взаємодії колеса і рейки, яка включає основні фактори, що впливають на ці процеси (рис. 5). Якщо прийняти постійними матеріал та геометрію колеса і рейки, то рівень звукового тиску в цьому випадку буде залежати від розмірів нерівностей колеса і рейки та швидкості вагона.

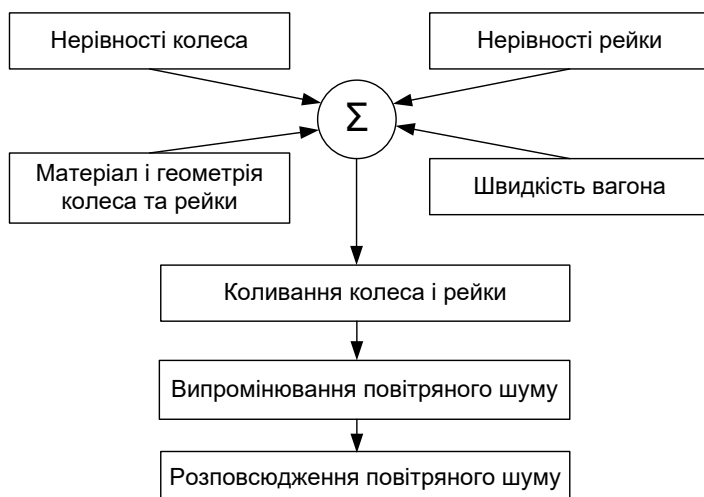


Рис. 5. Структурна схема механізму формування звукових коливань від взаємодії колеса і рейки

З метою формування діагностичної матриці методу акустичного контролю пропонується вирішити задачу поєднання динамічного та акустичного аналізу колісної пари. Для цього в роботі запропонований спосіб (рис. 6).

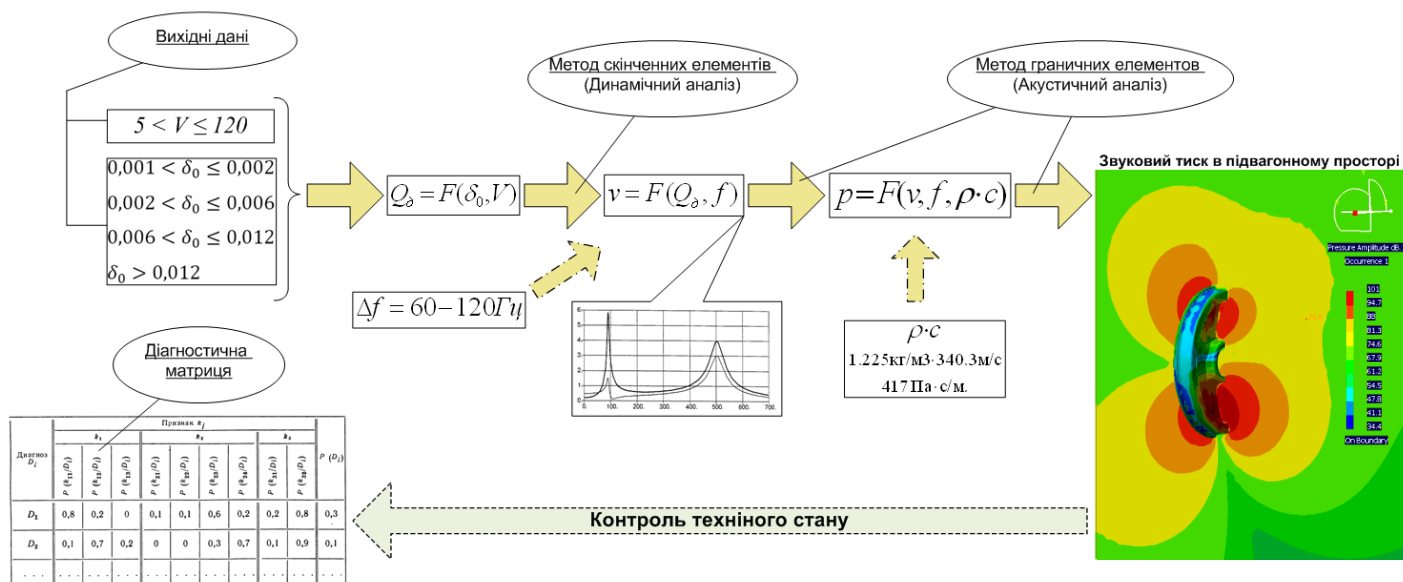


Рис. 6. Моделювання способу побудови діагностичної матриці методу акустичного контролю колісних пар

δ_0 — глибина повзуна, Q_δ — максимальна сила удару колеса по рейці, Δf — резонансний частотний діапазон коливань колісної пари, ρc — питомий акустичний опір середовища, v — нормальна швидкість точок поверхні, p — звуковий тиск.

За допомогою способу (рис. 6.) якого обчислені:

- максимальні сили удару колеса по рейці залежно від величин нерівностей та швидкості вагона;
- вібропереміщення колісної пари від ударної взаємодії;
- величини звукового тиску від коливань колісної пари і його розподіл у підвагонному просторі;
- величини звукового тиску поставлені у відповідність до розмірів нерівностей коліс при заданій швидкості вагона.

В результаті проведених розрахунків сформована діагностична матриця методу акустичного контролю (табл. 1) у якій регламентованим величинам коротких нерівностей на поверхні кочення коліс відповідають значення звукового тиску (дБ) у підвагонному просторі.

Таблиця 1

Діагностична матриця методу акустичного контролю

Глибина нерівності, м	Швидкість вагона, км/год							
	10	20	30	40	50	60	70	80
$0,001 < \delta_0 \leq 0,002$	60	61	62	64	69	75	79	84
$0,002 < \delta_0 \leq 0,006$	76	80	82	86	89	92	94	97
$0,006 < \delta_0 \leq 0,012$	78	83	86	89	91	96	101	106
$\delta_0 > 0,012$	85	88	93	99	105	112	120	126

Гранично-елементне чисельне моделювання звукових коливань колісної пари дозволило побудувати звукові поля в підвагонному просторі. Звуковий тиск у підвагонному просторі розподіляється нерівномірно з найбільшою концентрацією біля кінців продольних балок рами візка (рис. 7). У цих місцях вважаємо за доцільне розташовувати первинні перетворювачі проектованої системи контролю.

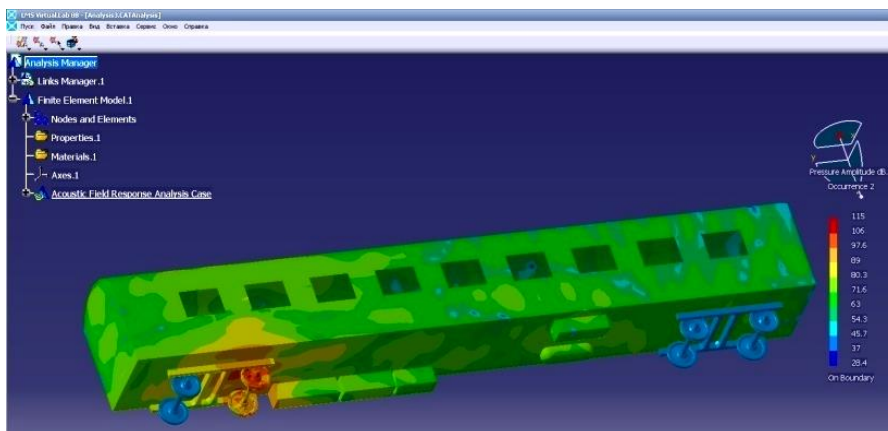


Рис. 7. Гранично-елементна акустична модель пасажирського вагона з розподілом звукового тиску в підвагонному просторі від коливань колісної пари з короткою нерівністю

Недоліком акустичного методу контролю, в основі якого лежить аналіз звукових коливань об'єкта, є наявність значної кількості шумів в сигналі, що заважають

розпізнати діагностичні ознаки несправності. Для вирішення задачі розпізнавання акустичні сигнали від руху вагонів були розбиті на класи:

- $S_l(k)$ – випадкові суцільні (шум кочення, вітер, шум при гальмуванні та ін.);
- $S_m(k)$ – випадкові імпульсні в будь-яких кінематичних парах;
- $S_n(k)$ – випадкові імпульсні в парі колесо-рейка (стики, стрілки, скрегіт в кривій малого радіуса);
- $S_p(k)$ – періодичні імпульсні (повзун, вищербина, навар).

Обрані параметри, за допомогою яких проведено віднесення образу до певного класу, вирішення задачі оптимізації наведено в табличному вигляді (табл. 2). Достовірною ознакою наявності в сигналі ударних імпульсів є значне зростання пікової амплітуди по відношенню до середньоквадратичної:

$$PAR = \frac{|x|_{peak}}{x_{rms}}, \quad (3)$$

де PAR – пік-фактор;

$|x|_{peak}$ – пікове значення амплітуди сигналу;

x_{rms} – середньоквадратичне значення амплітуди сигналу.

Таблиця 2

Параметри оптимізації розпізнавання звукових образів

Критерії			Класи образів			
PAR	t_c , мс	N	Випадковий суцільний $S_l(k)$	Випадковий імпульсний (будь-які кінематичні пари) $S_m(k)$	Випадковий імпульсний (пара колесо- рейка) $S_n(k)$	Періодичний імпульсний (пошкоджен ня колеса) $S_p(k)$
2	0,2	2	1	0	0	0
4	0,4	4	1	0	0	0
6	0,8	6	1	0	0	0
8	1,0	8	1	0	0	0
10	1,2	10	0	1	1	<u>1</u>
12	1,4	12	0	1	1	<u>1</u>
14	1,6	14	0	1	1	<u>1</u>
16	1,8	16	0	1	1	<u>1</u>
18	2,0	18	0	1	1	<u>1</u>
20	2,2	20	0	1	0	0
22	2,4	22	0	1	0	0
24	2,6	24	0	1	0	0

У випадкового стаціонарного сигналу без ударних імпульсів типове значення пік-фактора лежить у межах від 3 до 4, а з появою поодиноких, але сильних імпульсів може перевищувати значення порядку 20 - 30. На основі експериментальних досліджень, нами

обрано граничне значення пік-фактора, користуючись яким, звукові образи розбито на класи:

$$PAR < 10 \rightarrow S_l(k); \quad (4)$$

$$PAR \geq 10 \rightarrow S_m(k), \quad (5)$$

Ударні імпульси при русі пасажирського вагона утворюються в таких кінематичних парах: колесо-рейка, редукторно-карданний привід, підшипники буксових вузлів та ін. Для ідентифікації кінематичної пари, яка випромінює ударні імпульси, найбільш підходить тривалість взаємодії деталей, параметр, який лежить в певних межах. Як видно із результатів динамічного аналізу, що узгоджується з попередніми дослідженнями, тривалість ударної взаємодії колеса і рейки змінюється в діапазоні $1 < t_{y\partial} \leq 2$ мс. За допомогою названих критеріїв можна виділити акустичні сигнали, що виникають при ударній взаємодії колеса та рейки:

$$\left. \begin{array}{l} PAR \geq 10 \\ 1 \leq t_c \leq 2 \end{array} \right\} \rightarrow S_n(k), \quad (6)$$

За наявності на поверхні кочення колеса короткої нерівності період проходження ударних імпульсів пропорційний швидкості руху вагона. Критерієм для відокремлення випадкових імпульсних сигналів $S_n(k)$ від періодичних імпульсних $S_p(k)$ може бути число N , яке представляє міру збігу імпульсів з опорним сигналом пропорційним швидкості вагона. Сформована остаточно вирішальна функція, яка реалізована у розробленому пристрої акустичного контролю колісних пар:

$$\left. \begin{array}{l} PAR \geq 10 \\ 1 \leq t_c \leq 2 \\ N \geq 10 \end{array} \right\} \rightarrow S_p(k), \quad (7)$$

Утворення на поверхні кочення колеса коротких нерівностей призводить до появи в акустичному сигналі ударних імпульсів зі значними піковими амплітудами, визначеною тривалістю і періодом слідування пропорційним швидкості вагона. Результатом адаптованого методу є ідентифікація періодичних ударних імпульсів у сигналі на фоні перешкод, що дозволяє виділити акустичний сигнал від колеса з короткою нерівністю на поверхні кочення серед інших джерел шуму.

Для ідентифікації несправної колісної пари вагона використаний спосіб визначення відстані до джерела звуку на основі бінаурального ефекту. Спосіб заснований на тому, що звукові коливання від колеса з пошкодженням проходять до звукоприймачів різні відстані та відрізняються за фазою і амплітудою. При фіксованих місцях розташування підвагонних акустичних датчиків були визначені стандартні проміжки часу приходу звукової хвилі від несправної колісної пари до кожного з них:

$$\bar{t}_{ij} = \frac{L_{ij}}{c_{атм}}, \quad (8)$$

де: i – умовне позначення номера датчика;
 j – умовне позначення номера колісної пари;
 L_{ij} – відстань від i -го датчика до j -ї колісної пари, м;
 $c_{атм}$ – швидкість поширення звуку в атмосфері, м/с.

Для ідентифікації джерела звуку (колісної пари з пошкодженням) необхідно обчислити зсув фаз між сигналами суміжних датчиків та порівняти стандартні значення $\Delta\bar{\tau}_{Dj}$ з обмірюваними $\Delta\tau_{ij}$. Задачу вирішено за розробленою процедурою:

1. Вибрати контрольний відрізок $[a;b]$ як відрізок області визначення функції прийнятого сигналу між трьома послідовними її нулями.

2. Обчислити $\sum_a^b |f_1(x) - f_2(x) - t|$, где $0 \leq t \leq (b - a)$, де $F(t)$ - функція неузгодженості сигналів.

3. Визначити зсув. У якості шуканого зсуву вибрати t^* , при якому, досягається мінімальне значення функції неузгодженості $F(t)$ на контрольному відрізку:

$$\Delta\tau = F(t^*) = \min F(t), \Delta\tau \in [a, b] \quad (9)$$

Вирішення задачі дозволило побудувати діагностичну матрицю (табл. 3).

Таблиця 3

Діагностична матриця для ідентифікації несправної колісної пари

Діаг ноз	Діагностичні параметри		Вирішальні правила
	П1	П2	
D_1	$ \tau_{A1} - \tau_{B1} $	-	Якщо П1 = $k \cdot \Delta\bar{\tau}_{D1}$, то D_1
D_2	$ \tau_{A2} - \tau_{B2} $	-	Якщо П1 = $k \cdot \Delta\bar{\tau}_{D2}$, то D_2
D_3	-	$ \tau_{B3} - \tau_{C3} $	Якщо П2 = $k \cdot \Delta\bar{\tau}_{D3}$, то D_3
D_4	-	$ \tau_{B4} - \tau_{C4} $	Якщо П2 = $k \cdot \Delta\bar{\tau}_{D4}$, то D_4

де П1 – зсув фаз сигналу між датчиками A і B (П1 = $|\tau_{Aj} - \tau_{Bj}|$);

П2 – зсув фаз сигналу між датчиками B і C (П2 = $|\tau_{Bj} - \tau_{Cj}|$);

D_j – відмова j -ї колісної пари;

k – коефіцієнт, що враховує розкид параметрів τ_{ij} .

Діагностична модель на основі сформованої матриці дозволяє порівняти виміряні зсуви фаз $\Delta\tau_{ij}$ зі стандартними $\Delta\bar{\tau}_{Dj}$ і за вирішальними правилами визначити несправну колісну пару. Спосіб на основі бінаурального ефекту для задачі ідентифікації несправної колісної пари дозволить при наявності трьох акустичних підвагонних датчиків (A, B, C) визначити номер несправної колісної пари (1 – 4) пасажирського вагона на шляху прямування.

У *п'ятому розділі* експериментально визначені властивості звукових коливань від різних джерел при русі пасажирських вагонів; визначений інформативний частотний діапазон звукових коливань для достовірного розпізнавання пошкоджень на поверхні кочення колеса на фоні перешкод; представлені конструкція та принцип дії пристрою акустичного контролю та розрахований економічний ефект від його впровадження.

Вимірювання шумовипромінення рухомого складу здійснювалися за допомогою професійного звукозаписного приладу H4n – HandyRecorder японської фірми ZOOM (прилад має сертифікат метрологічних випробувань). Експеримент був проведений в умовах, які відповідають ГОСТ 26918-86 з такими видами рухомого складу:

- пасажирські вагони (загальна кількість 204; діапазон швидкостей 18-80 км/ч);
- вантажні вагони (282; 5-74 км/ч);
- вагони електропоїздів (38; 35-60 км/ч).

Для підвищення достовірності вимірів запис проведений по двох каналах приладу. Розкладання сигналу $f(t)$ у спектр проводилося за допомогою дискретного перетворення Фур'є у програмному аналізаторі. Обробка звукозаписів та побудова спектрограм дозволили визначити діапазон частот основної енергії звукових коливань від різних джерел шуму при русі пасажирських вагонів. Результати аналізу наведені в табл. 4.

Таблиця 4

Параметри звукових реалізацій при русі пасажирських вагонів

Тип шуму	Частоти	Характер шуму	Примітка
Шум кочення	150 - 1000Гц	неперіодичний суцільний	-
Вітер	5-150 Гц	неперіодичний нестационарний	на 20-30дБ гучніше шуму кочення
Тертя гальмівних колодок	1-4 кГц, 5-18 кГц*	неперіодичний суцільний	*Перед повною зупинкою поїзда шум виражений низкою високочастотних тональних складових
Випуск повітря з ВР №292	7-15кГц	неперіодичний суцільний	-
Скрегіт у кривій малого радіусу	100-1000Гц**	одиначні широкосмугові імпульси	**на швидкості 10 км/год (при збільшенні швидкості поїзда імпульси зливаються в безперервний шум)
Ударна взаємодія колеса та рейки	40 Гц-15 кГц	широкосм. імпульси тривалістю 1-3 мс	-

З'ясовано, що властивості звукових реалізацій ударів коліс на стиках можна поширити на удари від дефектів поверхні кочення (повзун, навар, вищербина). З метою формування інформативної вибірки експеримент проведений у зоні проходу поїзда рейкових стиків різної конфігурації. На рис. 8 приведена спектрограма ударної взаємодії колеса і рейки при проході шістьма пасажирськими вагонами рейкового стику. Звукова реалізація удару колеса по рейці являє собою широкосмуговий імпульс тривалістю 1-3 мс, що узгоджується з теоретичними дослідженнями.

Згідно з результатами експерименту було зроблено висновок, що акустичний сигнал у смузі частот до 1 кГц спотворений вітровою перешкодою і шумом кочення, тому даний діапазон не придатний для рішення задач розпізнавання звукових образів. Удари колеса по рейці на частотах 1-5 кГц мають амплітуду на 15-20 дБ більшу, ніж у діапазоні 5-20 кГц, що виділяє їх на загальному фоні.

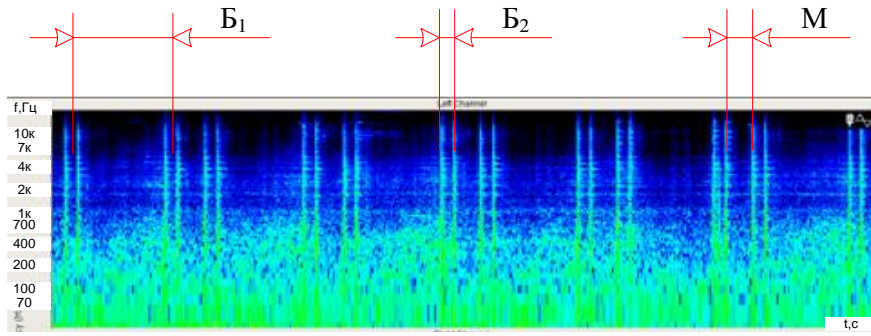


Рис. 8. Спектрограма звукозапису ударної взаємодії колеса і рейки (B₁ – база вагона; B₂ – база візка; M – відстань між крайніми колісними парами суміжних вагонів)

Було обчислено найбільш інформативний діапазон частот для достовірного розпізнавання шумовипромінення від удару пошкодженого колеса по рейці. За критерій інформативності обране значення пік-фактора в смугах частот акустичного сигналу. Із графіка (рис. 9) видно, що значення пік-фактора залишається практично постійним на частотах до 1 кГц, тому що в даному діапазоні домінують шум від кочення колеса по рейці й шум вітру, що не є імпульсними процесами.

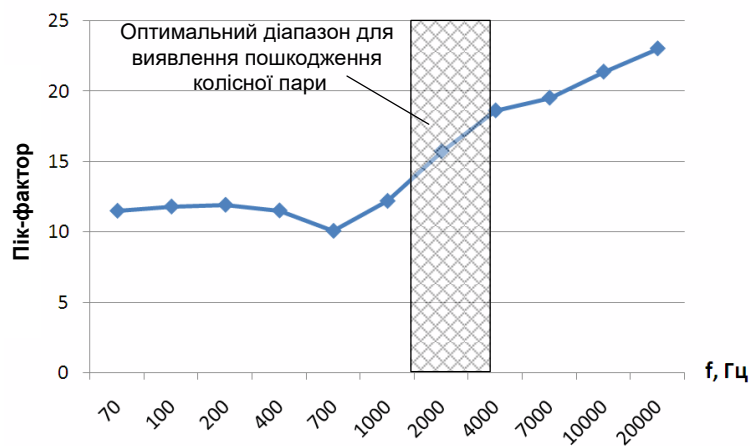


Рис. 9. Середні значення пік-фактора в смугах частот акустичного сигналу від ударів колеса по рейці

На ділянці 1-20 кГц значення пік-фактора безупинно зростає до 25, це пов'язане зі зменшенням середньоквадратичного значення рівня звуку в цьому діапазоні та більш явним проявом імпульсів від ударів колеса по рейці. У зв'язку з тим, що на частотах 7-15 кГц відбувається випуск повітря із ВР №292, а на 17-20 кГц – писк від контакту гребеня колеса і рейки в кривій, найбільш інформативним для ідентифікації удару колеса по рейці є частотний діапазон 2-5 кГц.

У результаті наведеного аналізу сформульоване технічне завдання, розроблений та запатентований пристрій акустичного контролю колісних пар, що є складовою системи віддаленого моніторингу пасажирських вагонів на шляху прямування. На рис. 10 наведені основні блоки розробленого пристрою та їх взаємозв'язок.

Виявлення на ранній стадії пошкоджень колісних пар дозволяє підвищити безпеку руху та запобігти сходу з рейок рухомого складу, який може відбутися в результаті появи

та розвитку втомної тріщини диску колеса та його зламу. Очікуваний економічний ефект від впровадження пристрою акустичного контролю становить 150934 грн. з розрахунку на один випадок сходу, якого вдалося запобігти.

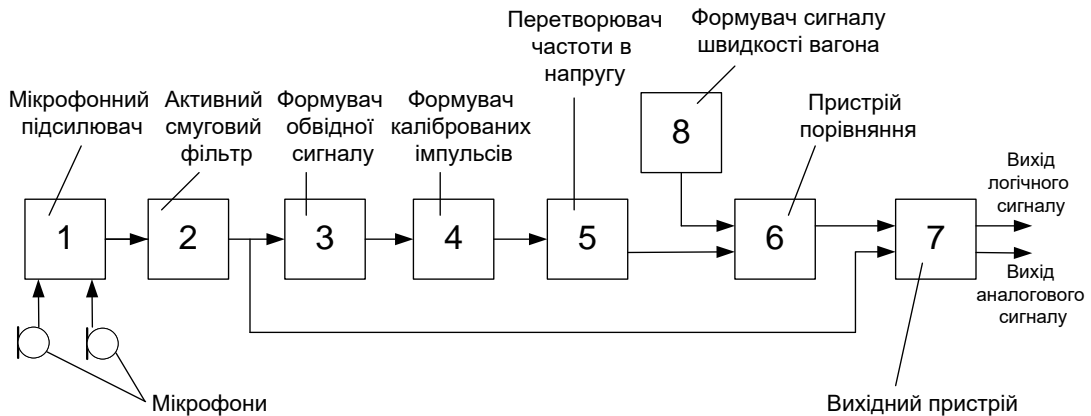


Рис. 10. Структурна схема пристрою акустичного контролю колісних пар

Моделювання внутрішньої та зовнішньої акустики дозволить скоротити витрати на проектування нових та модернізацію старих пасажирських вагонів за рахунок обґрунтованого вибору шумоізоляційних матеріалів та оптимізації їх розташування. Економічна ефективність впровадження результатів моделювання досягається також за рахунок підвищення комфорту пасажирів, а річний економічний ефект складає 17353,8 грн. на один вагон при терміні окупності 1,6 року.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-прикладне завдання удосконалення технології технічного обслуговування та діагностики колісних пар пасажирських вагонів під час руху та було запропоновано оснащення вагонів пристроями акустичного контролю колісних пар для підвищення безпеки руху та коефіцієнта готовності пасажирських вагонів в експлуатації.

За результатами проведених теоретичних та експериментальних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Досліджено вплив методів та засобів діагностики і контролю технічного стану колісних пар наземними та бортовими системами на ефективність технології технічного обслуговування та готовність пасажирських вагонів в експлуатації, було доведено, що підвищення коефіцієнта готовності можна досягти завдяки безперервному акустичному контролю колісних пар пасажирських вагонів під час руху. Обґрунтовано переваги акустичних методів та засобів контролю колісних пар під час руху при використанні в якості датчиків мікрофонів замість акселерометрів, що дозволило спростити конструкцію пристроїв, підвищити їх надійність та зменшити собівартість.

2. Досліджено надійність колісних пар пасажирських вагонів в експлуатації та доведено, що більшість раптових відмов виникає у початковий післяремонтний період 500-1000 годин (приблизно 1 міс.) напрацювання. Максимальне значення щільності розподілу поступових відмов припадає на період 4000-8000 годин (5-10 міс.) від

останнього ремонту, що узгоджуються із процесами природного зношування і викришування метала від втоми поверхні кочення коліс вагонів. Коефіцієнт готовності був підвищений за рахунок зменшення середнього часу відновлення на 1,3 год шляхом оперативного контролю технічного стану колісних пар під час рейсу вагона і своєчасної підготовки до ремонту на ПТО.

3. Виконаний аналіз власних коливань колісної пари, в результаті якого отримані основні форми та частоти (72 і 181 Гц) власних коливань колісної пари. Проведене моделювання вимушених коливань колісної пари при її русі з короткою нерівністю на поверхні кочення дозволило визначити інформативні діагностичні ознаки, які були використані в удосконаленому методі акустичного контролю.

4. Отримано залежності звукового тиску від розмірів коротких нерівностей на поверхні кочення колеса та швидкості руху вагона, які дозволили сформулювати матрицю акустичного методу контролю, а також визначено місця концентрації звукового тиску в підвагонному просторі, в яких доцільно розміщувати датчики розробленого пристрою акустичного контролю. Розроблена акустична модель пасажирського вагона, яка дозволила отримати розподіл звукового тиску в підвагонному просторі від коливань колісної пари, може бути використана для підвищення шумоізоляційних характеристик пасажирського вагона.

5. Удосконалений метод акустичного контролю для виявлення коротких нерівностей на поверхні кочення коліс на основі технології виділення корисного сигналу на фоні перешкод. Метод дозволяє виявити пошкодження коліс без ідентифікації несправної колісної пари за допомогою 2-х датчиків, а розроблений спосіб, на основі бінаурального ефекту, дозволяє ідентифікувати несправну колісну пару, використовуючи 3 датчики на вагон.

6. Досліджені та записані звукові реалізації від таких джерел: шум кочення, ударна взаємодія колеса і рейки, скрегіт у кривих, взаємодія гальмової колодки і колеса, випуск повітря із повітророзподільників та інші, що дозволило визначити інформативну смугу частот (2-5 кГц) для достовірного виявлення коротких нерівностей на поверхні кочення коліс під час руху вагона. Результати дослідження використані для розробки пристрою акустичного контролю.

7. Розроблений, виготовлений та випробуваний бортовий діагностичний пристрій у основі якого лежить метод акустичного контролю колісних пар, його оригінальність підтверджена патентом України на винахід №96483. Даний пристрій є складовою системи віддаленого моніторингу пасажирських вагонів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Скуріхін Д.І. Аналіз несправностей пасажирських вагонів у сучасних умовах експлуатації / В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін // Надійність рейкового рухомого складу: Зб. наук. праць вип. № 107. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – С. 106-110.

2. Скуріхін Д.І. Оцінка експлуатаційної надійності суцільнокатаних коліс пасажирських вагонів / Д.І. Скуріхін // Зб. наук. праць. Донецьк: ДонІЗТ. – 2010. – Вип. 21 – С. 110 – 119.

3. Скурихин Д.И. Динамический анализ колебаний колесной пары вагона при ее движении с короткой неровностью на поверхности катания / В.В. Бондаренко, Д.И. Скурихин, А.Н. Кузнецов, А.И. Рубаненко // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов»: Харьков: ХНАМГ – 2011. – Вып. 97 – С. 278 – 289.

4. Скурихин Д.И. Повышение эксплуатационной надежности пассажирских вагонов на основе акустического контроля колесных пар / И.Е. Мартинов, В.В. Бондаренко, Д.И. Скурихин // Международный информационный научно-технический журнал «Вагонный парк»: Харьков: - 2011. – №6 – С. 36 – 39.

5. Скурихин Д.И. Бортовая система акустического контроля колесных пар / В.В. Бондаренко, Д.И. Скурихин // Железнодорожный транспорт Украины. – 2012. - №1. – С. 32-35.

6. Скурихин Д.И. Математическое моделирование колебаний колесной пары как основа метода акустического контроля / И.Е. Мартинов, В.В. Бондаренко, Д.И. Скурихин // Восточно-европейский журнал передовых технологий. - 2014. – №1/7 (67) – С. 22 – 28.

Праці апробаційного характеру:

7. Контроль технічного стану ходових частин пасажирських вагонів: Матеріали XVII міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», (Харків, 20 – 22 травня, 2009 р.) Міністерство освіти і науки України, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ», 2009. С. 165.

8. Дистанційний контроль колесних пар вагонів: Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми та перспективи розвитку транспортних систем в умовах реформування залізничного транспорту: управління, економіка і технології», (Київ, 24 – 25 березня, 2011 р.) Міністерство інфраструктури України, Державний економіко-технологічний університет транспорту. – К.: ДЕТУТ, 2011. С. 365.

9. Предупреждение отказов ходовых частей пассажирских вагонов на основе бортовой системы акустического контроля колесных пар: Программа и тезисы докладов XXXVI научно-технической конференции преподавателей, аспирантов и сотрудников ХНАГХ, Ч.2 (Харьков, 24 – 26 апреля, 2012) Министерство образования и науки, молодежи и спорта Украины, Харьковская национальная академия городского хозяйства. - Харьков: ХНАГХ, 2012. С. 70.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

10. Пат. 96483 Україна МПК (2011.01) B61K 9/00, G01S 5/14(2006.01) Система дистанційного контролю рейкового рухомого складу під час руху / В.В. Бондаренко, Р.І. Візник, Д.І. Скурихин; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. - № а200911191; заяв. 04.11.2009; опублік. 10.11.2011, Бюл № 21/2011 – 4с.

11. Скурихин Д.И. Повышение готовности пассажирских вагонов на основе бортовой системы контроля колесных пар / И.Е. Мартинов, В.В. Бондаренко, Д.И. Скурихин // Сборник научных работ УкрДАЗТ: Харьков: УкрДАЗТ - 2011. – Вып. 123 – с. 55 – 62.

12. Скурихин Д.И. Роль методов та засобів неруйнівного контролю в аспекті забезпечення безперервного моніторингу ходових частин вагонів / В.В. Бондаренко, Д.И. Скурихин, І.Б. Костюхін // Збірник наукових праць УкрДАЗТ: Харьков: УкрДАЗТ - 2011. – Вып. 126 – с. 130 – 135.

АНОТАЦІЯ

Скуріхін Д.І. Удосконалення технології технічного обслуговування та діагностики колісних пар пасажирських вагонів на основі методу акустичного контролю. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів. – Державне підприємство “Державний науково-дослідний центр залізничного транспорту України”, Київ, 2014.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання удосконалення технології технічного обслуговування та діагностики колісних пар пасажирських вагонів під час руху. Для вирішення поставленого завдання був удосконалений метод акустичного контролю колісних пар на основі якого допрацьований спосіб та виготовлений бортовий пристрій контролю технічного стану колісних пар пасажирських вагонів під час руху. Економічна ефективність впровадження даного пристрою доведена відповідними розрахунками.

Ключові слова: вагон пасажирський, пара колісна, обслуговування технічне, діагностика, системи бортові, акустика, ознаки діагностичні.

АННОТАЦИЯ

Скурихин Д.И. Усовершенствование технологии технического обслуживания и диагностики колесных пар пассажирских вагонов на основе метода акустического контроля. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов. – Государственное предприятие “Государственный научно-исследовательский центр железнодорожного транспорта Украины”, Киев, 2014.

Надежность пассажирских вагонов в значительной степени зависит от технического состояния колесных пар. Образование на поверхности катания колес повреждений и дальнейшая эксплуатация неисправных колес приводит к разрушению подшипников буксовых узлов и снижению долговечности оси колесной пары. Одним из путей совершенствования технологии технического обслуживания и диагностирования колесных пар пассажирских вагонов является внедрение методов и средств удаленного автоматического контроля их технического состояния. Своевременное исключение из эксплуатации неисправных колесных пар повышает эксплуатационную надежность пассажирских вагонов и является залогом безопасности движения. Важным аспектом удаленного контроля является повышение коэффициента готовности путем снижения времени восстановления за счет заблаговременного уведомления обслуживающего персонала о техническом состоянии колесных пар во время движения поезда.

В диссертационной работе решено актуальное научно-прикладное задание совершенствования технологии технического обслуживания и диагностирования колесных пар пассажирских вагонов во время движения. Исследовано влияние контроля технического состояния колесных пар наземными и бортовыми системами на

эксплуатационную готовность пассажирских вагонов. Выяснено, что повышение коэффициента готовности можно достичь благодаря уменьшению времени на контроль колесных пар под вагонами и сокращению простоя в связи с отсутствием соответствующей колесной пары. Последнее достигается с помощью заблаговременной подготовки к текущему ремонту вагона на ПТО согласно диагнозу устройства акустического контроля колесных пар. Доказано, что в результате оперативного выявления повреждения колеса во время рейса пассажирского поезда повышается коэффициент готовности и сокращается время вынужденного простоя вагона на ПТО на 1,3 ч. Анализ собственных колебаний колесной пары, позволил определить основные формы и частоты собственных колебаний колесной пары. На основе анализа результатов моделирования вынужденных колебаний колесной пары при ее движении с короткой неровностью на поверхности качения определены информативные диагностические признаки метода акустического контроля. Полученные зависимости звукового давления от размеров коротких неровностей поверхности качения колеса и скорости движения вагона, которые позволили сформировать матрицу акустического метода контроля. Определены места концентрации звукового давления в подвагонного пространстве, что является научным обоснованием размещения датчиков проектируемого устройства акустического контроля. Метод акустического контроля адаптирован для выявления коротких неровностей на поверхности катания колес на основе выбора критериев для выделения полезного сигнала на фоне помех. Записаны и проанализированы звуковые реализации от следующих источников: шум качения, ударное взаимодействие колеса и рельса, скрежет в кривых, взаимодействие тормозной колодки и колеса, выпуск воздуха из воздухораспределителей и другие, что позволило определить информативную полосу частот (2 – 5 кГц) для достоверного выявления коротких неровностей на поверхности катания колес. Проведенные исследования позволили изготовить и испытать бортовое устройство, в котором реализован метод акустического контроля колесных пар.

Ключевые слова: вагон пассажирский, пара колесная, обслуживание техническое, диагностика, системы бортовые, акустика, признаки диагностические.

THE SUMMARY

Skurikhin D. Improvement of technology maintenance and diagnostics wheelsets of passenger cars based on the method of acoustic control. – The Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of sciences, specialty 05.22.07 – Rolling Stock And Train Traction. – State enterprise “State Research and Development Center of Railway Transport of Ukraine”, Kiev, 2014.

The thesis is devoted to actual scientific problems of improvement of technology maintenance and diagnostics bogies of passenger cars while driving. To solve this problem was improved method of acoustic control bogies on which modified the method and device manufactured board condition monitoring bogies of passenger cars while driving. The economic efficiency of this device demonstrated by appropriate calculations.

Keywords: car passenger, wheelset, service maintenance, diagnostics, system board, acoustic, diagnostic features.

Скуріхін Дмитро Ігорович

УДК 629.45:629.4.027.11

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ
ТА ДІАГНОСТИКИ КОЛІСНИХ ПАР ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ
НА ОСНОВІ МЕТОДУ АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ**

Спеціальність 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з авторським оригіналом

Підписано до друку « » _____ 2014 р.
Формат 60x84 1/16. Папір для множних апаратів.
Умовн. друк. арк. 1,0. Обл.- вид. арк.1,1.
Замовлення № . Тираж 100 екз.

Видавництво УкрДАЗТ. Свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007р.
Друкарня УкрДАЗТ: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7