

УДК 629.4.027

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.5.2/19>**Фомін О.В.**

Державний університет інфраструктури та технологій

Баранов І.О.

ДВНЗ «Приазовський державний університет»

Мірошникова М.В.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля

РОЗРОБКА ДІАГНОСТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗКОНТАКТНОГО ТЕПЛООВОГО КОНТРОЛЮ ГАЛЬМ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

У статті реалізована технологія діагностичного забезпечення безконтактного теплового контролю гальм рухомого складу залізниць. Відповідно до концепції розвитку засобів діагностики рухомого складу, одним з перспективних напрямків розвитку є розробка системи виявлення вантажних вагонів з неефективно працюючими автогальмами. У статті встановлено, що завдання вдосконалення діагностичного забезпечення безконтактного теплового контролю колодкових гальм вантажного рухомого складу є актуальним, а також визначена відсутність вирішення питання про контроль колодкових гальм у вітчизняній практиці. Стаття присвячена виконанню досліджень щодо вибору найбільш інформативної зони на колесі для здійснення теплового контролю колодкових гальм. З'ясовано, що зона, яка рекомендується, може бути розширена за рахунок орієнтації оптики на ступицю колеса у разі розробки алгоритмів відсіювання сигналів, одержуваних при попаданні в зону контролю гальмівної колодки. У статті обґрунтовано вибір раціональних діагностичних ознак, порогових значень та розроблено алгоритми теплового контролю колодкових гальм на основі результатів досліджень, досвіду реалізації систем теплового контролю буксових вузлів вітчизняними вченими та стандартів проектування зарубіжних країн. Визначені температурні розподіли в перерізі колеса та колодках при гальмуванні зі швидкості 100 км/год з використанням чавунних та композиційних гальмівних колодок при завантаженому режимі розподільника повітря (у момент закінчення гальмування). Встановлено, що застосування систем теплового контролю колодкових гальм можливе для вирішення низки завдань, пов'язаних з оцінкою працездатності гальм та ефективності процесу гальмування. Стаття містить загальну методику проведених досліджень, яка побудована на застосуванні методу кінцевих елементів, методів аналітичної механіки, віртуального тривимірного моделювання, аналітичної геометрії, теплотехнічних вимірювань.

Key words: рухомий склад, колесо, тепловий контроль, колодкове гальмування, діагностика, ІЧ-випромінювання.

Постановка проблеми. Системи теплового контролю (СТК) колодкових гальм рухомого складу залізниць широко застосовуються за кордоном – у США, Канаді, Австралії, країнах Європейського союзу, Індії, Китаї та інших країнах. Актуальними завданнями сьогодні є: аналіз досвіду проектування та реалізації СТК у частині застосовуваних алгоритмів, діагностичних ознак та вимог, що пред'являються до СТК – ґрунтуючись на результатах проведеного чисельного моделювання, вибрати та обґрунтувати найбільш інформативну зону на колесі та порогові значення теплового контролю колодкових гальм; – розробити алгоритми теплового контролю для

застосування у вітчизняних СТК колодкових гальм [1].

Насамперед, варто запровадити поняття «гарячих» та «холодних» коліс, які повсюдно використовуються в зарубіжній літературі при описі СТК колодкових гальм. «Гарячими» вважаються такі колеса, температура яких перевищує деяке заздалегідь встановлене граничне значення для контрольованої ділянки шляху. «Холодними» вважаються колеса, температура яких значно нижча порівняно з температурою інших коліс. Обидві ознаки свідчать про неполадки колодкового гальма (невідпущене, або недіюче гальмо). Стандартом залізниці передбачено три рівні тривоги

за рівнем нагріву коліс рухомого складу: високий, середній та низький. СТК, що працюють за цим стандартом, щодо колодкових гальм мають вбудовані діагностичні моделі виявлення як гарячих, так і холодних коліс [2, 3].

За кордоном СТК колодкових і дискових гальм рухомого складу в даний час застосовуються скрізь в складі так званих комплексних систем виявлення «гарячих» коліс і буксових вузлів. Як показує проведений аналіз [2, 3, 4], у світі існує достатня кількість реалізацій СТК колодкових гальм з різними підходами до визначення технічного стану гальмівного вузла, найпоширенішим є безконтактний тепловий контроль. Тим не менш, у вітчизняній практиці за наявності багатого досвіду в реалізації теплового контролю буксових вузлів рухомого складу в даний час відсутнє вирішення питання про контроль колодкових гальм [2]. Очевидно, що рівень розвитку техніки та промисловості, особливо в галузі розробки та виробництва чутливих, швидкодіючих приймачів ІЧ-випромінювання з високою просторовою роздільною здатністю, дозволяє створити автоматичні системи для оцінки технічного стану колодкових гальм рухомого складу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження в галузі оцінки працездатності колодкових гальм нерозривно пов'язані з питаннями нагріву коліс при реалізації різних режимів гальмування. Значний внесок у дослідження цих питань зробили вчені: І.А. Жаров, С.М. Захаров, С.М. Кисельов, А.В. Саврухін, Р.А. Єфімов, В.К. Першин, А.М. Орлова, Є.А. Рудакова, А.В. Сандова, І.В. Турутін, В.В. Муравйов, Н.В. Харитонов, М.І. Глушко та багато інших. Серед зарубіжних дослідників нагрівання елементів гальмівних систем можна назвати М. Милошевича, К. Мігуру, Р. Фай, В. Гупту, М. Сігарца, Х. Тошно та інших. Дослідженнями та розробками в галузі комплексного контролю технічного стану рухомого складу та теплової діагностики їх ходових частин займалися: В.М. Алексенко, А.А. Міронов, А.Г. Алексеев, В.А. Берзін, Е.Г. Міронов, М.В. Орлов, С.М. Лозінський, В.І. Самодуров, Є.М. Розенберг та інші.

Постановка завдання. Відповідно до Концепції розвитку засобів діагностики рухомого складу, одним з перспективних напрямків розвитку є розробка системи виявлення вантажних вагонів з неефективно працюючими автогальмами. Впровадження подібної системи дозволить виявляти несправності гальмівних систем, що виникають у процесі експлуатації (невідпущені гальма, непра-

вильне регулювання гальмівної передачі, недіючі гальма, несправності розподільників повітря) і своєчасно їх усувати, попереджаючи виникнення аварійних ситуацій. Це завдання доцільно вирішувати, спираючись на наявний у галузі досвід реалізації систем безконтактного теплового контролю технічного стану відповідальних вузлів рухомого складу, які широко застосовуються як в Україні, так і за кордоном. Таким чином, завдання вдосконалення діагностичного забезпечення безконтактного теплового контролю колодкових гальм вантажного рухомого складу є актуальним.

Наукова новизна полягає в розробці комплексної діагностичної моделі безконтактного теплового контролю колодкових гальм рухомого складу, що дозволяє оцінювати форму та рівень сигналу, одержуваного приймачем інфрачервоного випромінювання при різних режимах гальмування рухомого складу та варіантах орієнтації інфрачервоної оптики на об'єкт контролю.

Загальна методика досліджень побудована на застосуванні методу кінцевих елементів під час аналізу процесів теплоперенесення, методів аналітичної механіки, віртуального тривимірного моделювання, аналітичної геометрії, теплотехнічних вимірювань, випробувань у реальних умовах.

Виклад основного матеріалу. Відповідно до системи діагностичних ознак, що стосуються моделі виявлення гарячих коліс, всі діагностичні ознаки розділені на дві категорії [4, 5]. Ознаки першої категорії (температури навколишнього середовища та колеса) так чи інакше визначаються за допомогою засобів теплового контролю. Ознаки другої категорії є настоюваними [6, 7]. Є два алгоритми виявлення «гарячих» коліс:

1. Якщо відносна температура колеса T_{OK} більша або дорівнює першому пороговому значенню відносної температури S_{OK1} , то СТК порівнює температуру колеса T_{OK} із середньою відносною температурою коліс по даній стороні поїзда $T_{СОК}$. Якщо відношення цих двох температур T_{OK} і $T_{СОК}$ виявляється більше певного порогового значення порівняльного відношення X_K , то СТК створює тривожне показання. Математичне формулювання алгоритму має вигляд:

$$T_{OK} \geq S_{OK1}; T_{OK} / T_{СОК} \geq X_K \quad (1)$$

У разі перевищення відносної температури колеса T_{OK} другого порогового значення відносної температури S_{OK2} СТК створює відповідне тривожне показання. Математичне формулювання алгоритму наведено нижче:

$$T_{OK} \geq S_{OK2} \quad (2)$$

Описана тривожна модель «гарячих» коліс може бути представлена у графічному вигляді (рис. 1).

У процесі руху поїзда через контрольовану СТК ділянку, гальма можуть застосовуватися з різних міркувань, які продиктовані конкретними умовами експлуатації рухомого складу [5, 8, 9]. Після притискання гальмівних колодок з'являються температурні спалахи на поверхні катання колеса, потрапляння яких у зону сканування може спровокувати тривожне показання СТК. У цьому випадку зупинка поїзда для перевірки, призведе до невинуватих затримок поїздів та відчеплення вагонів [10, 11, 12]. Для виключення видачі тривожних показань за температурними спалахами пропонується ввести деякі винятки в модель виявлення «гарячих» коліс. Якщо поїзд сповільнюється з темпом, більшим за деяке встановлене значення, то порогові значення відносних температур S_{OK1} , S_{OK2} доцільно збільшити. При цьому повинні дотримуватися такі умови:

- темп уповільнення (a_3) повинен розраховуватися між сусідніми колісними парами на основі швидкості кожної з них;
- для всіх одиниць рухомого складу, де максимум темпу уповільнення перевищив встановлені значення, порогові значення S_{OK1} і S_{OK2} повинні бути збільшені по всіх колесах, температури яких були записані в цьому поїзді;
- порогові значення порівняльного відношення X_K залишаються незмінними.



Рис. 1. Графічне представлення тривожної моделі «гарячих» коліс

Аналізуючи викладене, бачимо, що перший з розглянутих алгоритмів враховує підвищення відносних температур коліс по всій стороні поїзда. Рівномірне підвищення температур коліс із невеликими сплесками у процесі гальмування свідчить про нормальну роботу гальмівного обладнання. Температурні сплески, абсолют-

ною величиною, що перевищують середнє підвищення температури до 3,5 разів для високого рівня тривоги, при цьому можуть бути обумовлені різними факторами, у тому числі й нескінченно великою кількістю варіантів проходження колеса через апаратуру сканування. Аномальним згідно з алгоритмом, вважається значне відхилення від середнього значення, що дозволяє загалом знизити кількість тривожних показань від СТК щодо нагрівання коліс.

Другий алгоритм є логічним продовженням першого. Попередження по другому алгоритму створюється при підвищенні відносної температури будь-якого колеса по даній стороні поїзда до 270°C (середній рівень тривоги). Це граничне значення відповідає високому рівню тривоги за першим алгоритмом. При цьому СТК створить тривожне показання в кожному випадку при досягненні будь-яким колесом температури 270°C. На основі представленої системи ознак, у роботі пропонується два алгоритми виявлення «холодних» коліс:

1. Якщо середнє підвищення температури коліс C_{CP} перевищує встановлене мінімальне значення середнього підвищення температур C_{CP_min} , то СТК визначає склад, що рухається, як такий що знаходиться в процесі гальмування. Виходячи з відносних температур коліс T_{OK} розраховується параметр моделі «холодних» коліс за залежністю:

$$C_{CP} - \alpha \cdot T_{OK} \quad (3)$$

Якщо розраховане значення виявиться більшим за встановлений пороговий параметр моделі «холодних» коліс PXK_1 , то СТК створить тривожне показання. Математичне формулювання алгоритму представимо у такому вигляді:

$$C_{CP} \geq C_{CP_min} \text{ і } C_{CP} - \alpha \cdot T_{OK} \geq PXK_1 \quad (4)$$

2. Аналогічно до першого алгоритму проводиться перевірка складу, що рухається, на гальмування порівнянням середнього підвищення температури коліс C_{CP} з попередньо встановленим значенням C_{CP_min} . Якщо відносна температура колеса T_{OK} вище за встановлений пороговий параметр моделі PXK_2 , а середнє підвищення температури коліс C_{CP} вище за встановлений пороговий параметр моделі PXK_3 , то СТК створить тривожне показання. Математичне формулювання алгоритму має вигляд:

$$C_{CP} \geq C_{CP_min} \text{ і } T_{OK} \geq PXK_2 \text{ і } C_{CP} \geq PXK_3 \quad (5)$$

Для вантажних вагонів пропонується використовувати такі значення параметрів СТК: $PXK_1 = 26$, $PXK_2 = 11$, $PXK_3 = 30$, $C_{CP_min} = 30$, $\alpha = 1,4$.

СТК колодкових гальм у багатьох країнах є складовою частиною колійної інфраструктури, яка відома під загальною назвою колійної системи технічного контролю (КСТК) [13, 14, 15]. На ділянках із затяжними спусками та підйомами потрібна підтримка щодо невисокої швидкості великовагових поїздів. Очевидно, що на таких ділянках температура всіх коліс у поїзді має значно збільшуватися, тому СТК налаштовуються на виявлення «холодних» коліс [16, 17].

Виявлення «гарячих» коліс, навпаки, доцільніше на прямих ділянках колії з невеликими ухилами, де не очікується застосування гальм поїздом, а колеса в середньому повинні мати відносно низьку температуру [18].

Приймачі ГЧ-випромінювання мають таку орієнтацію, при якій скануються обидва колеса колісної пари, що проходить. Для забезпечення точності теплового контролю температура кожного колеса наводиться до безрозмірного виду з використанням поправочних коефіцієнтів, що розраховуються окремо по кожній рейці:

$$\begin{aligned} PK_1 &= (1 + CP_2 / CP_1) / 2 \\ PK_2 &= (1 + CP_1 / CP_2) / 2 \end{aligned} \quad (6)$$

де PK_1 – поправочний коефіцієнт для ближньої рейки;

PK_2 – поправочний коефіцієнт для дальньої рейки;

CP_1 – середня відносна температура коліс по ближній рейці;

CP_2 – середня відносна температура коліс по дальній рейці.

На рис. 2 наведено температурні розподіли в перерізі колеса та колодки при гальмуванні зі швидкості 100 км/год з використанням чавунних та композиційних гальмівних колодок при завантаженому режимі розподільника повітря (у момент закінчення гальмування).

З метою вибору найбільш інформативної зони на колесі для теплового контролю колодкових гальм рухомого складу пропонується провести детальніший аналіз повнорозмірних картин розподілу температур у колесі при різних режимах гальмування. При розгляді також враховується температурний розподіл у тілі колодки, який може істотно вплинути на результати теплового контролю колодкових гальм.

Як видно з рис. 2, використання чавунних гальмівних колодок загалом забезпечує більш сприят-

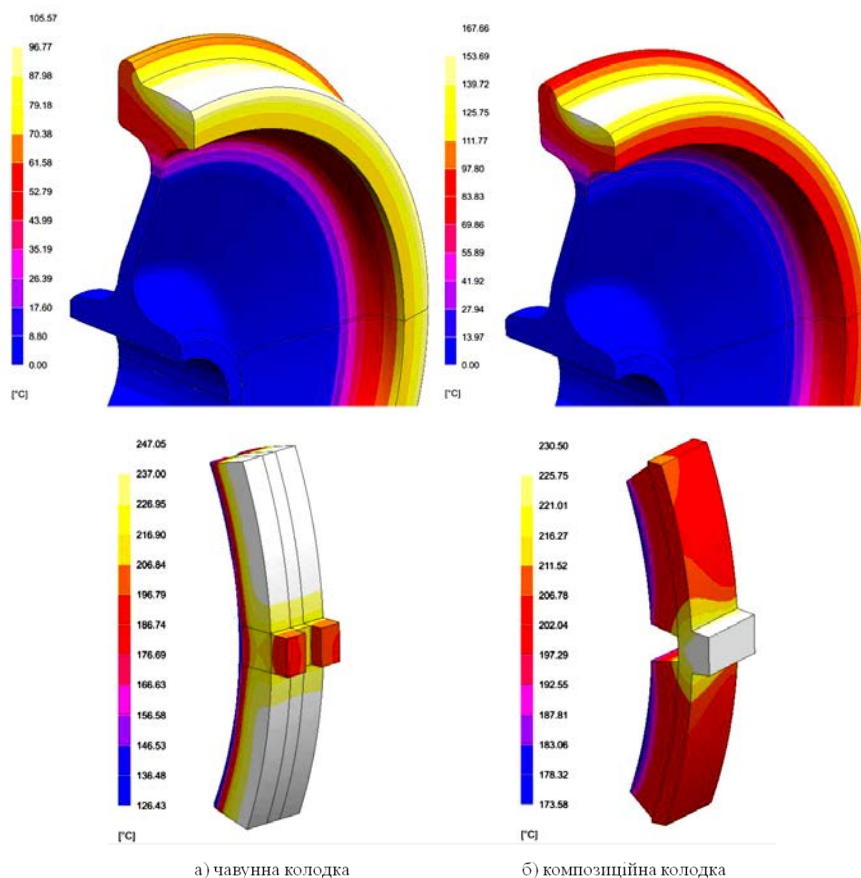


Рис. 2. Нагрів коліс та гальмівних колодок при завантаженому режимі розподільника повітря та різних типах колодок

ливий температурний режим колодкового гальмування. Розподіл температур по ободу колеса має рівномірний характер без видимої зони концентрації нагріву, як це спостерігається при гальмуванні композиційними колодками. До того ж, нагрівання при використанні композиційних колодок відбувається углиб металу колеса, що обумовлено конструкцією колодки [19]. Аналіз показує, що при реалізації подібних короточасних режимів гальмування (сумарний час притискання колодок до 200 с) розподіл температур перерізу колеса прагне картин, показаних на рис. 2, а основним змінам піддається лише колірна температурна шкала і чисельні значення температур. У цьому зв'язку доцільно запровадити поняття «паттернів» [20] нагрівання колеса, що описують характер розподілу температур у колесі при реалізації різних за тривалістю режимів гальмування без вказівки чисельних характеристик цього розподілу.

Паттерни нагрівання колеса при різній тривалості процесу гальмування, згруповані залежно від типу гальмівної колодки, що застосовується, наведені в [20]. Аналіз паттернів, а також картин розподілу температур перерізу колеса в тривалих режимах гальмування, показує, що інформативною зоною для здійснення теплового контролю колодкових гальм є зона обода колеса. При цьому розташовувати приймач ІЧ-випромінювання можливо як усередині колії, так і зовні, однак при кожному з зазначених варіантів необхідно враховувати час досягнення контрольованими поверхнями нагріву, придатного для здійснення теплового контролю. Для коректного контролю необхідно мати часовий інтервал між початком гальмування та початком процесу контролю не менше 2 хвилин. За цей час температура зовнішніх поверхонь обода колеса, які не належать до поверхні катання, досягне придатних для контролю значень внаслідок явища теплопровідності. Цей факт необхідно враховувати щодо місць розміщення комплектів СТК.

Аналіз конструкції візка разом із різними варіантами орієнтації ІЧ-оптики дозволив виявити такі особливості. Орієнтація ІЧ-оптики дозволяє контролювати нагрівання поверхні катання, однак у разі невідпущених гальм до зони контролю потрапляє гальмівна колодка (рис. 3).

При відпущеній колодці в зону контролю потрапляє лише поверхня катання колеса, а гальмівна колодка закрита від скануючого променя приймача елементами бокової рами візка. З безлічі варіантів орієнтації ІЧ-оптики на контрольоване колесо пропонується виділити найбільш раціональну зону теплового контролю (рис. 4).

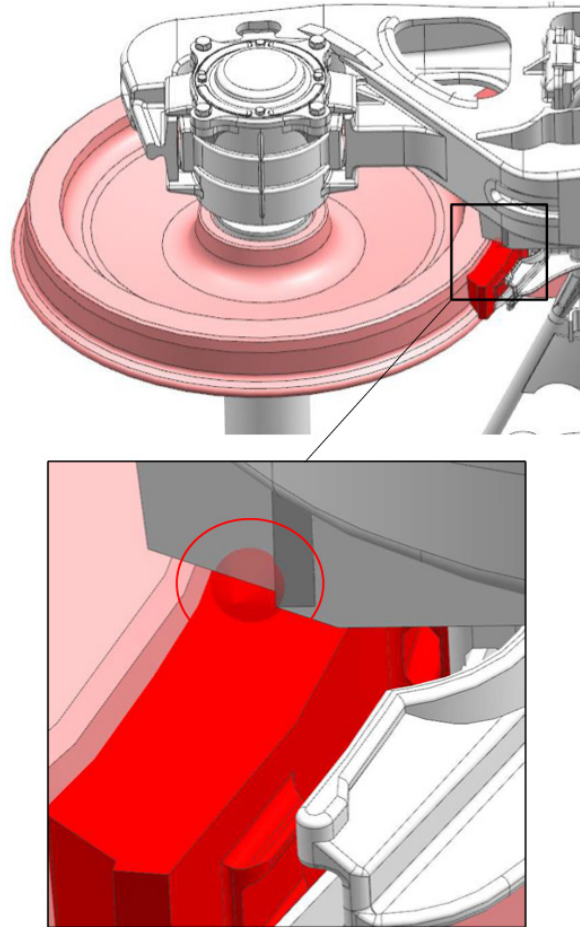


Рис. 3. Попадання в зону контролю гальмівної колодки при орієнтації ІЧ-оптики на ступицю колеса зовні колії

Як видно з рис. 4, приймач ІЧ-випромінювання рекомендується орієнтувати таким чином, щоб у зону теплового контролю потрапляв лише обід колеса та частина диска. Верхня межа рекомендованої зони обмежена висотою розташування гальмівної колодки, нижня у разі розташування приймача:

- зовні колії – рівнем головки рейки;
- усередині колії – нижньою точкою гребеня колеса.

Зона, що рекомендується, може бути розширена за рахунок орієнтації оптики на ступицю колеса у разі розробки алгоритмів відсіювання сигналів, отриманих при попаданні в зону контролю колодки. Розглянуті випадки спотворення сигналів та відхилень від нормальної параболічної форми пов'язані з потраплянням до зони контролю нагрітих гальмівних колодок. Таким чином, при відсутності розроблених алгоритмів відсіювання спотворень сигналів доцільно орієнтувати оптику в межах зони (рис. 4).

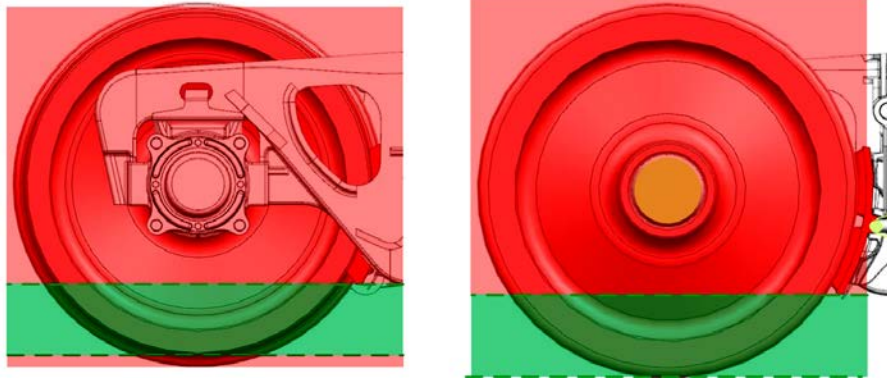


Рис. 4. Рекомендовані до застосування в СТК зони колеса для теплового контролю колодкових гальм (позначені зеленим кольором)

Висновки. Дослідження щодо вибору найбільш інформативної зони на колесі для здійснення теплового контролю колодкових гальм показали, що найбільш раціональною є орієнтація ІЧ-оптики в простір, верхня площина якого обмежена висотою розташування гальмівної колодки, а нижня – рівнем головки рейки або нижньою точкою гребеня колеса в залежності розташування приймача ІЧ-випромінювання. Встановлено, що зона, яка рекомендується, може бути розширена за рахунок орієнтації оптики на ступицю колеса у разі розробки алгоритмів відсіювання сигналів, одержуваних при попаданні в зону контролю гальмівної колодки. На основі результатів чисельного моделювання, досвіду реалізації СТК буксових вузлів вітчизняними вченими та стандартів проектування СТК зарубіжних країн обґрунтовано вибір раціональних діагностичних ознак, порогових значень та розроблено алгоритми теплового контролю колодкових гальм. Встановлено, що застосування СТК колодкових гальм можливе для вирішення низки завдань, пов'язаних з оцінкою працездатності гальм та ефективності процесу гальмування. У сукупності з представленими дослідженнями щодо вибору інформативної зони на колесі, порогових значень, системи діагностичних ознак та алгоритмів теплового контролю

застосування СТК колодкових гальм дозволять своєчасно виявляти неполадки гальмівних систем по нагріванню коліс, зрештою позитивно впливаючи на безпеку функціонування залізничного транспорту і зменшуючи експлуатаційні витрати.

При виконанні подальших досліджень даної теми, у деяких випадках, необхідно враховувати умови руху поїзда та контрольованих ділянок колії, наприклад: – поїзд, що проходить пункт контролю, може перебувати в процесі гальмування, у зв'язку з чим можливе значне підвищення температури коліс, – пункт контролю знаходиться на спуску і контрольований поїзд здійснив гальмування після його проходження, що також призведе до підвищення температур коліс щодо рівнинної місцевості за інших рівних умов. З точки зору оцінки працездатності колодкового гальма доцільно коригувати порогові значення контролю з урахуванням темпу уповільнення поїзда (негативного прискорення) та ухилу контрольованої ділянки колії. Корекцію порогових значень за цими ознаками доцільно поєднати з метою спрощення алгоритмів теплового контролю. При розробці алгоритмів та виборі порогових значень теплового контролю доцільно використати результати статистичного дослідження моніторингу нагріву коліс в експлуатаційних умовах.

Список літератури:

1. Сучасні технології в науці та освіті. Колективна монографія / під. ред. О. Б. Целіщева, Г. О. Татарченко, Г. М. Хорошун. – Северодонецьк : вид-во СНУ ім. В. Даля, 2021. – 320 с. doi: [https://doi.org/10.33216/MonographSNU\(978-617-11-0211-8\)-2021-320](https://doi.org/10.33216/MonographSNU(978-617-11-0211-8)-2021-320)
2. Бондаренко, В.В. Бортова система акустичного контролю колісних пар [Текст]. В.В. Бондаренко, Д.І. Скуріхін. Залізничний транспорт України. – 2012. – № 1. – С. 32-35.
3. Hecht Markus. Innovative rail freight wagons – A precondition to increase the market-share of rail freight Markus Hecht Archives of Transport. – 2015. – Vol. 29 (1). – Pp. 17-26.
4. В.С. Джус, А.Я. Кулічепко, А.Р. Мілянч. Коефіцієнти напружень і деформацій у конструкціях вагонів. Науковий вісник НЛТУ України 14 (1), 231-236с.
5. Дьомін, Р. Ю. Розвиток методів і засобів досліджень з забезпечення технічної експлуатації залізничного рухомого складу: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.07. Северодонецьк, 2018. 40 с.

6. Płaczek M., Wróbel A., Buchacz A. (2016). A concept of technology for freight wagons modernization. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 161. doi:10.1088/1757-899X/161/1/012107.
7. Wiesław Krasoń, Tadeusz Niezgodą, Michał Stankiewicz. Innovative Project of Prototype Railway Wagon and Intermodal Transport System. Transportation Research Procedia. 2016. Vol. 14. P. 615-624.
8. Fermer M. Finite element models: [Pap] 10th Int. Wheelset Congr. «Sharing Latest Wheelset TechnoL Order Reduce Costs and improve Railway Prod.» M. Fenner // Nat. Conf. Publ. Inst. Eng. Austral. 2020. № 92/10. P. 280-281.
9. Hot Axlebox Hot Wheel Detector System. – Manaknagar Research Designs and Standard Organization, 2012. – 18p.
10. Jamieson M. Automated Train Air Brake Effectiveness Test Process at Canadian Pacific M. Jamieson, A. Aronian International Heavy Haul Association. – Calgary, Canada, 2008. – P. 8.
11. Stellfeld J. Temperaturmessungen an hlotzgebremsten Vollraden im Fahr- betrieb/J. Stellfeld DET-Eisenbahntechn. – 2017. – №7. – P. 281-283.
12. Sitarz M. Railway wheelsets: Monografia/M. Sitarz. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Slaskiej, 2013. – 101 p.
13. Sitarz M. Metody numeryczne w projektowaniu koi kolejowych zestawow kolowych: Monografia M. Sitarz, A. Sladkowski, K. Chruzik. – Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Slaskiej NR 60, 2013. – 128 p.
14. Utterback J.J. Detection of Overheated Railroad Wheel and Axle Components J.J. Utterback, R.S. Mecca. – 2020.
15. Gallagher C.A. Infrared Hot Bearing and Hot Wheel Detector I C.A. Gallagher, – 2019.
16. Mian Z.F. Thermal Imaging-Based Vehicle Analysis I Z.F. Mian, J.C. Mullaney, Glasser, N. – 2012.
17. Ловська А. О., Фомін О. В., Рибін А. В., Лебідь Г. О. Визначення динамічної навантаженості напіввагона з замкненою хребтовою балкою, заповненою наповнювачем. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. Том 32 (71). № 4, 2021. С. 255-259.
18. ДСТУ 7598:2014 «Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних)». – С. 162.
19. Фомін О. В., Ловська А. О. Визначення вертикальних прискорень несучої конструкції вагона-платформи з в'язкими зв'язками у повздовжніх балках. Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки. – 2021, Том 32 (71). № 1, Частина 2, С. 135-140.
20. Shalupina, P.I. Transient temperatures patterns of wheel during braking P.I Shalupina, A.E. Pavlyukov, D.N. Saltykov. Materials of international conference scientific research of the SCO countries: Synergy and integration. Reports in English. Part 2. Beijing, PCR. – pp. 189-197.

Fomin O.V., Baranov I.O., Miroshnykova M.V. DEVELOPMENT OF DIAGNOSTIC SUPPORT FOR NON-CONTACT THERMAL CONTROL OF RAILWAY ROLLING STOCK BRAKES

In article implements the technology of diagnostic support for non-contact thermal control of railway rolling stock brakes. According to the concept of development of means of diagnostics of rolling stock, one of the promising directions of development is the development of a system for detecting freight cars with inefficiently working brakes. It has been established that article of improving diagnostic support for non-contact thermal control of pad brakes of freight rolling stock is urgent. It was established that there is no solution to the issue of control of pad brakes in domestic practice. The article is devoted to research was carried out on the selection of the most informative zone on the wheel for thermal control of pad brakes. It is justified in the article recommended zone can be expanded due to the orientation of the optics on the wheel hub in the case of developing algorithms for filtering out signals received when the brake pad enters the control zone. It has been clarified results of research, the experience of implementing systems of thermal control of axle assemblies by domestic scientists and the design standards of foreign countries, the choice of rational diagnostic features and threshold values was substantiated, and the algorithms of thermal control of pad brakes were developed. The temperature distributions in the cross-section of the wheel and pads during braking from a speed of 100 km/h using cast iron and composite brake pads are shown in the loaded mode of the air distributor (at the end of braking). It has been established that the application of thermal control systems of pad brakes is possible to solve a number of tasks related to the evaluation of the performance of the brakes and the efficiency of the braking process. The article contains the general methodology of the conducted research is based on the application of the finite element method, methods of analytical mechanics, virtual three-dimensional modeling, analytical geometry, and thermotechnical measurements.

Key words: rolling stock, wheel, thermal control, pad braking, diagnostics, IR radiation.