

**ТЕЗИ СТЕНДОВИХ ДОПОВІДЕЙ ТА ВИСТУПІВ
УЧАСНИКІВ КОНФЕРЕНЦІЇ**

**HIGHLIGHTS OF REPORTS AND PRESENTATIONS OF
PARTICIPANTS TO THE CONFERENCE**

конкурентоспроможності в умовах стрімкого зростання обсягів e-commerce та вантажоперевезень.

1. Ghaboura S., Ferdousi R., Laamarti F., Yang Ch., Saddik A. El. Digital Twin for Railway: A Comprehensive Survey. IEEE Access. 2023. PP(99):1-1. DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3327042.
2. Thompson E. A., Lu P., Atuobi H. B., Akoto E. T., Abbew C. K. Revolutionizing Railway Systems: A Systematic Review of Digital Twin Technologies. High-speed Railway. 2025; 3(4). DOI: 10.1016/j.hspr.2025.05.005.

УДК 629.4.077:629.4.027.51

Д. т. н., В. Г. Равлюк¹, М. Г. Равлюк¹, Я. В. Дерев'янчук¹

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМОВИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ШЛЯХОМ ЗМЕНШЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ ЗНОСУ КОЛОДОК

IMPROVING THE EFFICIENCY OF FREIGHT WAGON BRAKE SYSTEMS BY REDUCING BRAKE PAD WEAR NONUNIFORMITY

Ефективність гальмових систем вантажних вагонів безпосередньо впливає на безпеку руху та економічні показники АТ «Укрзалізниця». Однією з актуальних проблем є нерівномірність зносу гальмових колодок, що зумовлює додаткові витрати та скорочує ресурс вузлів і деталей вантажних вагонів. Дослідження особливостей розподілу сили натиснення на колодки та їх знос дає змогу виявити основні чинники, що погіршують роботу гальмової системи [1].

Аналіз процесу зносу композиційних гальмових колодок показав, що під час обстежень виявлено значну кількість нерівномірно зношених колодок у вантажних вагонах. Встановлено, що різниця у залишковому ресурсі таких колодок у одному вагоні може сягати до 55 %. При цьому не виявлено стабільної залежності між місцем встановлення колодки та інтенсивністю її зносу. Такий ефект пояснюється комплексом чинників, серед яких вагому роль відіграє нерівномірний розподіл сили натиснення на колодки під час гальмування. Окрім цього, швидкість зносу колодок має нелінійну залежність від навантаження, що підсилює ефект нерівномірності.

Хоча формально кожна колодка замінюється за фактичним станом, наявність істотної різниці у ресурсі призводить до зростання середнього зносу та економічних витрат [2]. Аналіз середнього залишкового ресурсу гальмових колодок показав, що окремі з них характеризуються більшим потенційним залишковим ресурсом порівняно з іншими. Доцільним є використання таких колодок на вагонах в умовах експлуатації, що потребують заміни пошкоджених колодок відповідної товщини, що можна розглядати як резерв для підвищення середнього залишкового ресурсу всіх колодок вагона. Застосування такого підходу стає ефективним лише за умови мінімізації нерівномірності зносу колодок [3].

За результатами досліджень встановлено, що при однакових силах натиснення на всі гальмівні колодки сумарний знос є мінімальним, а інтенсивність зносу окремих колодок вирівнюється. У випадках, коли сили натиснення розподілені за нормальним законом, формується асиметричний розподіл зносу, у якому мода, медіана і математичне сподівання не збігаються. Така зміщеність свідчить про збільшення ймовірності появи колодок із підвищеним зносом, що негативно впливає на експлуатаційні витрати.

Встановлено, що подвійне зменшення розподілу сили натиснення композиційних гальмових колодок дає змогу знизити середній рівень їх зносу приблизно до 20 %. Це підтверджує практичну значимість заходів, спрямованих на оптимізацію та вирівнювання навантаження на колодки під час гальмування. У граничному випадку, коли нерівномірність сили натиснення прямує до нуля, середній знос колодок досягає мінімального значення [4-5].

Встановлено, що розрахункові параметри зносу композиційних гальмових колодок мають умовний характер, однак відображають основні закономірності процесу та дають змогу оцінити економічні чинники, пов'язані зі зменшенням нерівномірності їх зносу.

За результатами досліджень встановлено, що нерівномірний знос композиційних гальмових колодок у вантажних вагонах є негативним явищем, яке зменшує строк їх служби та підвищує витрати на технічне обслуговування. Основною причиною цього є нерівномірний розподіл сили натиснення на колодки під час гальмування, особливо за умов нелінійної залежності зносу від навантаження.

Впровадження інноваційної гальмової важільної передачі (ГВП), розробленої за технологією УкрДАЗТ, дозволяє суттєво зменшити цей ефект, подовжити ресурс колодок, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити надійну й безпечну експлуатацію вантажних вагонів.

Заходи, спрямовані на зменшення ненормативного зносу колодок за рахунок впровадження інноваційної ГВП суттєво покращують економічні та екологічні показники на залізничному транспорті.

- [1] Нечволода С. І., Романюха М. О., Нечволода К. С. Проблеми нерівномірного зносу гальмових колодок у вантажних вагонах. Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту. 2007. Вип. 86. С. 50-56.
- [2] Равлюк В. Г. Аналіз негативних наслідків від ненормативної взаємодії гальмівних колодок з колісними парами у вантажних вагонах. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія : Механіко-технологічні системи та комплекси. 2016. Вип. 49 (1221). С. 119 – 123.
- [3] Бабаєв А. М., Дмитрієв Д. В. Принцип дії, розрахунки та основи експлуатації гальм рухомого складу залізниць : навчальний посібник. Київ : ДЕГУТ, 2007. 176 с.
- [4] Вагони вантажні. Система технічного обслуговування та ремонту за технічним станом : СТП 04 – 010:2018 : затв. нак. АТ «Укрзалізниця» від 08.08.2019 р. №519. 2018. 25 с.
- [5] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: Затв. нак. Укрзалізниця від 28.10.1997. № 264-Ц. Київ : 2004. 146 с.

УДК 656.259.12

PhD О.В. Щєбликіна., аспірант С.В. Рева
Український державний університет
залізничного транспорту (м. Харків)

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОГРАМОВАНОГО КЕРУВАННЯ: ERTMS, CBTC ТА PTC

Розвиток залізничного транспорту характеризується переходом від традиційних систем сигналізації на основі фіксованих блок-ділянок до програмованих, комунікаційно-орієнтованих систем керування. Цей зсув парадигми зумовлений потребою у підвищенні безпеки, пропускну здатності та, у багатьох випадках, інтероперабельності між різними залізничними мережами. У відповідь на ці виклики у світі сформувалися три основні технологічні парадигми: європейська система ERTMS, міська система CBTC та північноамериканська PTC. Кожна з них має унікальну філософію, архітектуру та сферу

застосування, що робить їх порівняльний аналіз актуальним завданням для стратегічного планування модернізації залізниць.

Європейська система керування залізничним рухом (ERTMS) є стандартом, розробленим насамперед для забезпечення інтероперабельності. Її ключова мета – створення єдиного гармонізованого сигнального простору для подолання фрагментації з понад 20 національних систем сигналізації в Європі, що історично перешкоджало транскордонному руху. Архітектура ERTMS складається з двох основних компонентів: Європейської системи керування поїздами (ETCS), що є сигнальним "мозком" системи, та системи зв'язку GSM-R (з перспективою переходу на 5G-орієнтовану FRMCS). ETCS реалізується на кількох рівнях: Рівень 1 є системою "накладення" на існуючу сигналізацію з переривчастою передачею даних через приколійні радіомаяки (євробалізи). Рівень 2 — це повноцінна радіо-орієнтована система, де поїзд підтримує безперервний зв'язок з центром радіоблокування (RBC), що дозволяє відмовитися від приколійних світлофорів і значно підвищити пропускну здатність. Концепція "рухомого блоку", раніше асоційована з Рівнем 3, тепер інтегрована у специфікацію Рівня 2, що відкриває шлях до максимальної ефективності на базі єдиного стандарту.

Системи керування рухом на основі радіозв'язку (CBTC) розроблені з першочерговою метою максимізації пропускну здатності в мережах з високою щільністю руху, таких як метрополітени та завантажені приміські лінії. На відміну від ERTMS, CBTC не є єдиним стандартом, а являє собою набір пропрієтарних рішень від різних виробників. В основі всіх систем CBTC лежить принцип "рухомого блоку". Завдяки безперервному двонаправленому радіозв'язку між поїздом та приколійним обладнанням, система в реальному часі знає точне місцезнаходження кожного поїзда. Це дозволяє створювати динамічну "зону безпеки", що рухається разом з поїздом, і скорочувати інтервали руху до 60-90 секунд. Архітектура CBTC є більш інтегрованою, поєднуючи функції автоматичного захисту (ATP), автоматичного ведення (ATO) та автоматичного нагляду (ATS), що природно підтримує високі рівні автоматизації, аж до повністю безпілотного руху (GoA4).

Система позитивного контролю поїздів (PTC) є, перш за все, мандатом на безпеку, впровадження якого було законодавчою вимогою у США для запобігання аваріям, спричиненим людським фактором. На відміну від ERTMS та CBTC, PTC не є інтегрованою системою сигналізації, а функціонує як система "накладення" (overlay) на існуючу інфраструктуру. Її головне завдання — не оптимізація руху, а проактивне запобігання