



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ПІВНІЧНО-СХІДНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР
ТРАНСПОРТНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ
УКРАЇНСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

*Випуск 184 (додаток)
Тези доповідей II Всеукраїнської конференції
«Вагони нового покоління: із XX в XXI сторіччя»*

Харків 2019

УДК 656.2(062)

У Збірнику наукових праць УкрДУЗТ відображені матеріали та наукові розробки вчених і спеціалістів залізничного транспорту, наукових установ і промисловості з вирішення сучасних задач та проблем організації перевезень та управління на транспорті, рухомого складу і тяги поїздів, транспортного будівництва та залізничної колії, автоматики, телемеханіки та зв'язку.

Збірник наукових праць УкрДУЗТ призначений для інженерно-технічних працівників, магістрантів, студентів і науковців залізничного транспорту та промисловості.

З електронною версією збірника можна ознайомитися на сайті:
http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe.

Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus (Польща).

З реєстрацією збірника можна ознайомитися на сайті
<http://jml2012.indexcopernicus.com>.

Google Scholar профіль: <https://scholar.google.com.ua>

Веб-сторінка збірника: <http://znp.kart.edu.ua>

Реферативна база

"Наукова періодика України": <http://csw.kart.edu.ua>

ISSN (p) 1994-7852

ISSN (online) 2413-3795

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21515 - 11415ПР від 27.07.2015 р. Друкується за рішенням вченої ради університету, протокол № 3 від 23 квітня 2019 р.

Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту включено до списку друкованих (електронних) періодичних видань, що включаються до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ МОН України від 21.12.2015 р. №1328 (додаток 8)).

Редакційна колегія

Головний редактор – Вовк Руслан Володимирович, доктор фізико-математичних наук, професор, УкрДУЗТ

Залізничний транспорт (273)

Пузир В. Г., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Фомін О. В., д.т.н., доцент (ДУІТ, м. Київ)
Путято А. В., д.т.н., доцент (БДУТ, Білорусь)
Горобченко О. М., д.т.н., доцент (ДУІТ, м. Київ)
Дацун Ю. М., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Мартинов І. Е., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Vureika G., dsc, professor (VGTU, Литва)
Михалків С. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Ловська А. О., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

Будівництво та цивільна інженерія (192)

Бліхарський З. Я., д.т.н., професор
(НУ Львівська політехніка)
Борзяк О. С., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Ватуля Г. Л., д.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Лобяк О. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Орел Є. Ф., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Плугін А. А., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Плугін Д. А., д.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Пушкарьова К. К., д.т.н., професор (КНУБА)
Толмачов С. М., д.т.н., професор (ХНАДУ)
Трикоз Л. В., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Шабанова Г. М., д.т.н., професор (НТУ ХПІ)
Шмуклер В. С., д.т.н., професор (ХНУМГ)
Fisher Hans-Bertram., dr. ind., professur (Bauhaus-
Universität Weimar F.A., Німеччина)
Опанасенко О. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

Механічна інженерія (131, 132, 133)

Астанін В. В., д.т.н., професор (НАУ м. Київ)
Воронін С. В., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Геворкян Е. С., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Ковальова І. М., к.т.н., доцент (НАНБ, Білорусь)
Онопрейчук Д. В., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Стефанов В. О., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Тимофеев С. С., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Тимофеева Л. А., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Федориненко Д. Ю., д.т.н., професор (ЧНТУ,
м. Чернігів)

Транспортні технології (275)

Панченко С. В., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Бутько Т. В., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Прохорченко А. В., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Шраменко Н. Ю. д.т.н., професор (ХНТУСГ)
Мороз М. М. д.т.н., професор (КНУ, м. Кременчук)
Кириллова О. В., д.т.н., доцент (ОНМУ, м. Одеса)
Бабаєв М. М., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Лаврухін О. В., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Потапов Д. О., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Ходаківський О. М., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)

Геодезія та землеустрій (193)

Eimuntas Paršeliūnas, д.т.н., професор (Вільнюський
Гедимінаський технічний університет, Литва)
Jūrate Sužiedelytė Visockienė, д.т.н., професор
(Вільнюський Гедимінаський техн ун-т, Литва)
Угненко Є. Б., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Маланчук М. С., д.т.н., доцент (НУ «Львівська
політехніка»)
Церклевич А. Л., д.т.н. професор (НУ «Львівська
політехніка»)
Viselga Gintas, д.т.н., доцент, професор
(Вільнюський Гедимінаський техн. ун-т, Литва)
Мамонов К. А., д.е.н., професор (ХНУМГ)
Савенко В. Я., д.т.н., професор (НТУ, м. Київ)

Теплоенергетика (144)

Каграманян А. О., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Мороз В. І., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Фалендиш А. П., д.т.н., професор (УкрДУЗТ)
Грицук І. В., д.т.н., доцент (ХМДА, м. Херсон)
Сотник М. І., д.т.н., доцент (СДУ, м. Суми)
Дешко В. І., д.т.н., професор (НТУ, м. Київ)
Володарець М. В., к.т.н., старш. викл. (УкрДУЗТ)
Бабіченко Ю. А., к.т.н., доцент (УкрДУЗТ)
Pavlenko A., dsc. tech., profesor (KUT, Poland)
Bartoszewicz J., dsc. tech., profesor (PUT, Poland)
Tomaszewski F., phd, profesor (PUT, Poland)

ЗМІСТ

Секція «МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ВАГОНІВ»	5
Секція «СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ, РЕМОНТОМ ТА ТЕХНІЧНИМ ОБСЛУГОВУВАННЯМ РУХОМОГО СКЛАДУ»	25
Секція «РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ»	37

Секція
МІЦНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ВАГОНІВ

УДК 629.4.077-592

І. М. Афанасенко, Я. В. Дерев'янчук

МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕМЕНТІВ ГАЛЬМОВОЇ ВАЖІЛЬНОЇ ПЕРЕДАЧІ
ВАГОНА-ХОПЕРА

I. Afanasenko, I. Derevianchuk

MODERNIZATION OF ELEMENTS MECHANICAL BRAKE
OF HOPPER FREIGHT WAGON

Гальмова важільна передача (ГВП) вагонів утворює систему важелів, тяг, затяжок, триангелів, що рівномірно передають навантаження на фрикційні елементи гальма від штока гальмового циліндра або привода ручного гальма. Удосконалення елементів гальмової важільної передачі дозволяє спростити її конструкцію, технічне обслуговування та ремонт, зменшити масу і вартість її елементів, а також покращити безпеку руху.

Вантажні вагони-хопери обладнуються несиметричною гальмовою важільною передачею з одnobічним натисненням колодок.

Найбільше розповсюдження на рухомому складі отримали чавунні та композиційні гальмівні колодки.

Більшість пасажирських вагонів обладнана чавунними колодками. На вантажних вагонах, зокрема вагонах-хоперах, застосовують переважно композиційні гальмівні колодки. Вони більш зносостійкі, мають меншу масу, що спрощує технічне обслуговування ГВП, і дешевші за чавунні.

Вертикальні важелі мають отвори, які дозволяють змінювати передаточне число ГВП. При використанні чавунних гальмівних колодок гальмова важільна передача має більш високе передаточне число. Її елементи передають більші зусилля та мають більші габарити, масу та

вартість. Додаткові отвори для перемикання передаточного числа послаблюють конструкцію важелів і створюють можливість помилкового збирання та встановлення завищеного передаточного числа для композиційних колодок. Збільшене зусилля притискання композиційних гальмівних колодок може призвести до пошкодження поверхні кочення коліс і їх заклинювання. Дефекти такого характеру на поверхні кочення коліс руйнують як колесо, так і рейкову колію, а також загрожують безпеці руху.

Для обґрунтованого дослідження доцільності удосконалення ГВП авторами проведена оцінка зусиль, що діють у конструкції типової важільної передачі вагона-хопера при різних типах гальмівних колодок. Розраховано на міцність за допомогою скінчено-елементного методу найбільш вагомі елементи передачі (нахилені та вертикальні важелі).

При спеціалізації важелів на композиційні колодки отримано значне зменшення маси важеля близько 15,3 % за рахунок зменшення зусиль. Для перевірки на міцність спеціалізованих важелів використовувався програмний комплекс Solid Edge ST10 Siemens PLM Software. У якості скінчених елементів використовувались елементи тетрадральної форми (важіль нахилений – 57 039 елементів, 91 583 вузли, мінімальний розмір елемента –

3,19 мм, вертикальний важіль – 56 736 елементів, 91 097 вузлів, мінімальний розмір – 3,24 мм). Матеріал важелів – сталь Ст3, прийнято допущення про ізотропність матеріалу та його однорідність. Розраховані зусилля вважались рівномірно розподіленими по вушку зони контакту з валиком. Граничні умови – шарнірне закріплення в крайніх отворах під валики. За результатами розрахунку на міцність можна зробити висновок про достатню міцність; сумарні напруження не перевищують допустимі.

Виготовляються важелі вагонів штампуванням з листового прокату. Використання нових технологій розкрою сталевого прокату (плазмова, лазерна, гідроабразивна,

газова різка та інші) дозволить виготовляти елементи більш складної та раціональної конфігурації. Ця обставина обумовлює можливість зміни форми елементів важільної передачі та раціонального розкрою прокатного листа при виготовленні.

Користуючись можливостями програмного комплексу Solid Edge ST10 авторами здійснено один з варіантів оптимізації конфігурації важелів при забезпеченні умови міцності з запасом міцності 1,1 і зменшенням маси на 35 %, при побудові зони провусин під валики вважались незмінними. Приклади побудови генеративного дизайну нахиленого та вертикального важелів зображені на рис. 1.



Рис. 1. Результат оптимізації важелів ГВП вагона–хопера в програмному комплексі Solid Edge ST10: а) нахилений важіль; б) вертикальний важіль

Спеціалізація важелів гальмової важільної передачі вагона–хопера під композиційні колодки дозволить зменшити їх масу на 15,3 %, а з можливою

оптимізацією на 49 %, що дозволить зменшити масу тари та коефіцієнти тари вагона в цілому, зменшити вартість і покращити безпеку руху.

УДК 629.4-592

М. Я. Валігура

ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ ГАЛЬМІВНИХ СИСТЕМ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

M. Valigura

PERSPECTIVES FOR FURTHER DEVELOPMENT OF BRAKE SYSTEMS FOR FREIGHT WAGONS

Для збільшення провізної і пропускної спроможності залізниць необхідно підвищувати швидкість руху і вантажопідйомність поїздів.

На сьогодні в Україні для підвищення ефективності гальм вантажних вагонів все більшого поширення отримують гальмівні системи вантажних вагонів з роздільним

приводом на візки. Роздільне гальмування застосовується для вагонів бункерного типу, довгобазових вагонів з осьовим навантаженням 23,5 тс (230 кН) і для всіх вагонів з осьовим навантаженням 25 тс (245 кН). Гальмівні системи з роздільним гальмуванням підвищують ефективність гальмівного обладнання, що забезпечує безпеку руху поїздів.

На вантажних вагонах з роздільним гальмуванням у гальмівні схеми встановлюють один гальмівний циліндр діаметром 14 дюймів і два авторегулятори РТРП 675 або встановлюють два гальмівні циліндри діаметром 10 дюймів і два авторегулятори РТРП 300. Гальмівні циліндри розміщують на рамі вагона або на рамах візків. Особливістю даної конструкції є наявність двох гальмівних циліндрів, розміщених на рамі вагона, і двох важільних передач, які спрацьовують незалежно одна від одної на обидва візки.

На заводах України за останнє десятиліття поставлено на виробництво декілька моделей вантажних вагонів різних типів, обладнаних гальмівними системами з роздільним гальмуванням. При цьому всі вони мають різну конструкцію і параметри. Відсутність вимог з уніфікації гальмівних систем з роздільним гальмуванням ускладнює їх проектування, а також розроблення експлуатаційної і ремонтної документації.

Таким чином, для підвищення якості розроблених гальмівних систем і спрощен-

ня процесу проектування, експлуатації і ремонту актуальним є створення їх типорозмірного ряду залежно від типу вагонів і його параметрів. Для створення типорозмірного ряду проведено аналіз діючих систем з роздільним гальмуванням з осьовим навантаженням 23,5 тс і встановлено, що схема гальмівної важільної передачі залежить від конструктивних особливостей вагонів, на які важільні передачі встановлюються, а також від типу авторегулятора і гальмівного циліндра.

Конструктивні особливості вагона визначають місце розташування важільних передач і площини розміщення важелів. У напіввагонів, платформ і критих вагонів важільні передачі розміщуються під рамою вагона, а важелі знаходяться в горизонтальній площині, у вагонів-хоперів важільні передачі розміщуються в консольних частинах, при цьому важелі розміщуються як у горизонтальних, так і вертикальних площинах.

Гальмівні системи з роздільним гальмуванням мають суттєві переваги перед гальмівними системами з нероздільним гальмуванням. Спрощується конструкція гальмівних важелевих передач, що зменшує затрати на обслуговування в процесі експлуатації. При несправностях авторегуляторів або гальмівних циліндрів виникає можливість появи повзунів тільки на двох колісних парах.

УДК 629.1.04

В. Т. Вислогужов, О. А. Кирильчук

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ПРИВОДІВ РСЧ-32 ПІДВАГОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

V. Vyslohuzov, O. Kyryl'chuk

RESEARCH OF THE OPERATION RELIABILITY OF THE DRIVES РСЧ-32 OF THE PASSENGER CAR GENERATORS

Для забезпечення комфортних умов перевезення пасажирів у сучасні вагони

встановлюють велику кількість різного електрообладнання. Пасажирські вагони, у

яких встановлено системи кондиціонування повітря, мають бортову мережу живлення споживачів 110 В. Такі вагони обладнані генераторами з приводом від середньої частини осі колісної пари. Обертальний рух від осі колісної пари до вала генератора передається через редуктор, карданний вал і пружну муфту, тобто від надійності роботи привода генератора і самого генератора залежить робота майже всіх споживачів пасажирського вагона та умов перебування пасажирів.

На сьогодні АТ «Укрзалізниця» експлуатує пасажирські вагони з приводом генератора від середньої частини осі таких модифікацій: ЕУК-160-1М, WBA-32/2 та ЖДР-0002. Під час експлуатації оглядачі вагонів перед кожним рейсом перевіряють стан цих редукторів: відповідність рисок на осі та фланцях редукторів, що свідчить про відсутність провертання та зміщення корпусу редуктора на осі та рівень змащувального мастила в корпусі редуктора.

Останнім часом на території України налагодили виробництво ще одного типу редукторів з приводом генераторів від середньої частини осі колісної пари – РСЧ-32. Цей редуктор призначений для встановлення в приводі генератора потужністю

32 кВт з системою електрозабезпечення пасажирських вагонів із кондиціонуванням повітря, що експлуатуються на залізницях колії 1520 мм з конструктивною швидкістю до 160 км/год. Згідно з Технічними умовами цей редуктор має бути повністю взаємозамінним з редукторами WBA-32/2 та ЖДР-0002. Редуктор РСЧ-32 має забезпечувати роботу генератора при температурі навколишнього середовища від мінус 50 °С до плюс 50 °С.

Редуктор типу РСЧ-32 успішно пройшов у 2017 році кваліфікаційні випробування. У 2019 році випробувальна лабораторія вагонів Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна розпочала експлуатаційні випробування редукторів типу РСЧ-32. Для цього вагони з дослідними редукторами типу РСЧ-32 були включені до складу швидкісного поїзда № 9/10 сполученням Київ-Маріуполь. Для порівняння результатів експлуатаційних випробувань до складу поїзда включено вагон з редуктором WBA-32/2. Результати експлуатаційних випробувань покажуть можливість застосування редукторів типу РСЧ-32 в приводі генераторів пасажирських вагонів.

УДК 629.4.083:629.463

Д. І. Волошин

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ ВИРОБНИЧИХ СИСТЕМ З РЕМОНТУ ВАГОНІВ

D. Voloshin

DETERMINATION OF THE LEVEL OF RELIABILITY OF PRODUCTION SYSTEMS ON REPAIR OF CARS

При аналізі технічних об'єктів і простих систем основним поняттям у класичній теорії надійності є відмови. Спираючись на накопичений за останні роки статистичний матеріал з дослідження різноманітних конструкцій, можна

стверджувати, що вони достатньо вивчені. Ситуація змінюється, коли виникає необхідність розглянути відмови складних технічних і соціально-економічних систем. До них належать і виробничі системи промислових підприємств, зокрема заводів і

депо з ремонту вагонів. Властивості, притаманні класу вказаних систем, не дозволяють сформулювати відмови в дуальному змісті – «працездатна – непрацездатна», «справна – несправна». Тому для оцінювання надійності роботи таких систем правильніше використовувати показники ефективності, які характеризують здатність системи виконувати свої основні функції з різним рівнем ефективності.

У даному випадку відмовою може вважатися подія, при якій система виконує свої функції зі знизеним рівнем продуктивності, якості або терміну виробничого циклу. Відмови ряду виробничих елементів призводять лише до зниження функціональних можливостей виробничої системи. Таким чином, під відмовою ремонтного цеху, дільниці або відділення розуміється нездатність їх виконувати основні функції в повному об'ємі і в заданих межах або виконання їх з недостатньою ефективністю.

Аналіз надійності виробничої системи потрібно виконувати за заданим алгоритмом, при якому на першому етапі визначається надійність окремих елементів системи, а на другому досліджується структурна надійність всього виробництва. При цьому потрібно аналізувати однорідні виробничі об'єкти, що працюють у стабільному функціональному режимі впродовж тривалого терміну. Це гарантує мінімальний розкид даних і відповідний реальній ситуації потік відмов.

При проведенні аналізу технологічного обладнання, виробничих ліній або робочих місць для їх характеристики використовують різні показники продуктивності. В організації виробництва найчастіше це експлуатаційна продуктивність.

Вона також називається ефективною продуктивністю і може бути визначена з виразу

$$Q_{ef} = Q_T \cdot K_{zod}, \quad (1)$$

де Q_T – технічна продуктивність, виріб/год (ваг/р.);

K_{zod} – годинний коефіцієнт використання часу на основній роботі.

Годинний коефіцієнт визначається як

$$K_{zod} = 1 - \frac{\sum t_{kn}}{\sum t_{och}}, \quad (2)$$

де $\sum t_{kn}$ – сумарна тривалість короткочасних порушень основної роботи, год;

$\sum t_{och}$ – сумарний час основної роботи, год.

Після проведених розрахунків згідно зі статистичною інформацією з систем ремонту вантажних вагонів було встановлено, що годинний коефіцієнт використання часу на основній роботі ($0 < K_{zod} < 1$) показує значне зменшення ефективної продуктивності депо через значну тривалість очікування ремонту.

Крім того, під час основної роботи мають місце короткочасні порушення, які не піддаються обліку. Це є причиною того, що коефіцієнт коливається в межах $K_{zod} = 0,22-0,36$. За даними хронометражних спостережень і з урахуванням всіх простоїв сумарне використання ремонтного обладнання не перевищує 48–50 % загального фонду, з чого було зроблено висновок, що тільки 13–14 % часу, який безпосередньо затрачувався на ремонт одного вагона, було використано ефективно.

Отримані дані вимагають проведення подальших досліджень, спрямованих на визначення рівня надійності виробничих систем з ремонту вагонів і розроблення заходів з їх удосконалення.

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ КРІПЛЕНЬ
ГІДРАВЛІЧНОГО ГАСНИКА КОЛИВАНЬ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА**

V. Ischenko, D. Dmitriev, Yu. Scherbina

**DESIGN IMPROVEMENT KNOTS OF FASTENING HYDRAULIC
DAMPER A PASSENGER WAGON**

Зміна технічного стану гідравлічних гасників коливань внаслідок виникнення несправностей і відхилення робочих параметрів від нормативних значень має суттєвий вплив на динамічні показники пасажирського вагона, що призводить до зростання прискорень коливального руху кузова вагона, погіршення плавності руху, підвищення рівня напруженого стану несучих елементів конструкції.

Проведений аналіз недоліків роботи гідравлічних гасників коливань вітчизняного виробництва на базі аналогу – типу НЦ-1100, які виникають під час експлуатації пасажирських вагонів, спрямований на пошук технічних рішень щодо удосконалення конструкції демпферів.

У програмному комплексі «УМ» з використанням моделі динаміки пасажирського вагона на візках типу КВЗ-ЦНІИ проведено дослідження повздовжніх зусиль, які передаються на гідравлічний гасник коливань у маршрутному діапазоні швидкостей руху з урахуванням стану колії та параметрів жорсткості повідка. Встановлено, що при підвищенні швидкості руху відбувається пропорційне зростання величин повздовжніх сил, які передаються на шарнірні вузли кріплення гідравлічних демпферів. Результати з визначення горизонтальних повздовжніх зусиль, які передаються на гасник коливань, при зростанні їх рівня свідчать про ймовірність «заклинювання» в роботі гасника, підвищення температури нагріву контактної пари тертя «шток-напрямна» і

ризик появи зносів, що призведе до втрати працездатності демпфера.

Для контактних груп складальної одиниці проведено дослідження створеної комп'ютерної моделі гасника коливань стосовно встановлення розподілу напружень від дії горизонтальних повздовжніх сил за допомогою програмного пакета SolidWorks.

Визначено, що суттєвим недоліком типової конструкції є неможливість кутового переміщення вузла кріплення гідравлічного гасника коливань у фронтальній площині відносно власної вертикальної осі. З метою виключення появи випадків повного або часткового блокування переміщень робочих частин гасника від дії повздовжніх зусиль запропоновано технічне рішення про комплексну модернізацію гідравлічного гасника коливань з урахуванням зміни конструкції вузлів кріплення з використанням хрестоподібного шарніра (рисунок).

Запропонована конструкція вузлів кріплення гідравлічного гасника коливань (рисунок) забезпечує збереження працездатного стану гасника коливань від дії бічних зусиль, що передаються на них у процесі експлуатації. Виконується умова можливості повороту гідравлічного гасника коливань у фронтальній площині відносно осей шарнірного кріплення вузлів, що унеможливить втрату працездатності внаслідок «заклинювання» і загалом підвищить ресурс роботи.

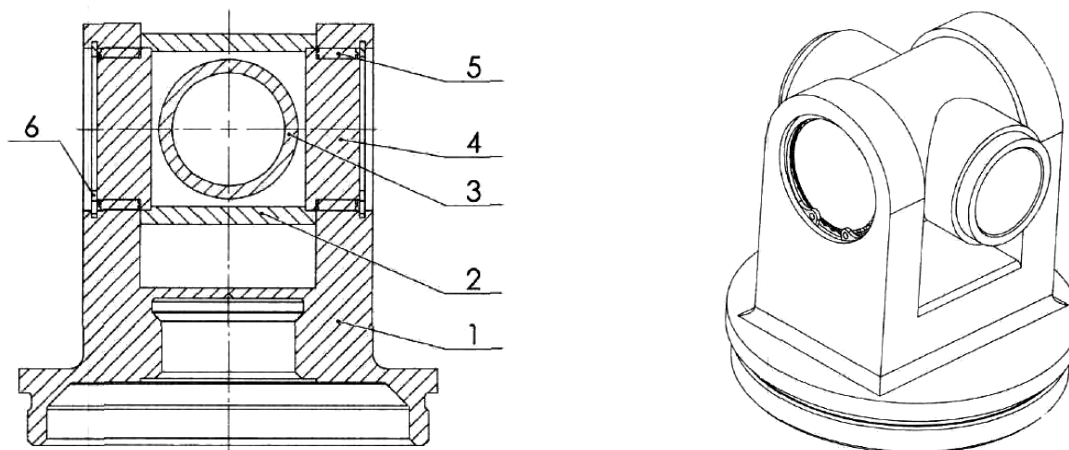


Рис. Варіант виконання вузла кріплення гідравлічного гасника коливань пасажирського вагона: 1 – корпус; 2 – хрестовина; 3 – втулка; 4 – опорний валик; 5 – роликові підшипники; 6 – стопорне кільце

УДК 629.4.027

I. Е. Мартинов, Н. С. Кладько

МОДЕРНІЗАЦІЯ БУКСОВИХ АДАПТЕРІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

I. Martinov, N. Kladko

MODERNIZATION OF AXLE BOX ADAPTERS OF NEW GENERATION WAGON

Залізничний транспорт протягом багатьох років займав передові позиції як у транспортуванні вантажів, так і перевезенні пасажирів. Даний факт обумовлювався рядом переваг цього виду транспорту, до яких можна віднести безпеку перевезень, собівартість, можливість одночасного перевезення значної кількості вантажу та пасажирів на великі відстані, незалежність від погодних умов та ін.

Сьогодні АТ «Укрзалізниця» зіткнулася з серйозними економічними труднощами, пов'язаними з накопиченими фінансовими і матеріально-технічними проблемами. Залізнична інфраструктура значно зношена, спостерігається дефіцит вантажних вагонів, збільшення простою вагонів через відсутність деталей для заміни пошкоджених, підвищення відсотка

вагонів, що потребують позапланових видів ремонту. Тому залізничники періодично підвищують тарифи на свої послуги, що призводить до того, що підприємці та виробництва вимушені віддавати перевагу альтернативним видам транспорту. З іншого боку, зниження кількості робочого парку призводить до потреби підвищення завантаженості вагонів, що призводить до підвищення вантажопідйомності, осьових навантажень, а режими роботи вагонів стали відрізнятися від розрахункових. З'явився ряд конструктивних недоліків, які призводять до виникнення значних динамічних сил, особливо в зоні контакту колеса і рейки, а також інтенсивного і нерівномірного зносу пар тертя.

Мета дослідження полягала в розробленні пропозицій щодо внесення

змін до конструкції ходових частин, а саме модернізації особливостей конструкції підшипникового вузла для підвищення їхніх експлуатаційних і ресурсних показників.

У роботі було розглянуто конструкції адаптера буксового вузла з конічними підшипниками та виконано декілька його модифікацій, а саме адаптер, у якому застосовується зносостійка прокладка з полімерного матеріалу, та адаптер зі зміненою опорною поверхнею. Передбачається, що при зміні схеми передачі вертикальних, поздовжніх і кутових навантажень від бічних рам на адаптер і підшипникові вузли змінюються умови навантаженості підшипників.

У процесі роботи розроблено 3D модель конічного підшипникового вузла вантажного вагона, яка враховує не лише внутрішню геометрію підшипників, але й особливості передачі навантаження на них. Дані вузли встановлювались під адаптерами з різними конструкційними особливостями. Побудовані моделі дозволяють імітувати різні варіанти навантаження з оцінюванням напружено-деформованого стану як самого підшипника, так і інших елементів буксового підшипникового вузла, а також завдяки розробленій методиці визначати навантаження, що припадають на кожен ролик підшипника.

Побудова геометричної моделі буксового вузла виконувалася у програмному середовищі ANSYS Mechanical APDL. При вирішенні в Ansys були отримані максимальні контактні напруження, що виникають у зоні контакту ролика і доріжок кілець підшипника, а також епюри розподілу радіальних зусиль на ролик у процесі обертання.

При розрахунку типової конструкції адаптера встановлено, що напруження які виникають уздовж твірної ролика, розподілені нерівномірно та досягають максимальних значень у зоні переходу від твірної ролика до його торця (має місце так званий «крайковий» ефект). Визначено, що контактні напруження уздовж твірної ролика, як і розподіл радіальних зусиль між переднім і заднім підшипниками, не є рівномірним. До того ж очевидно, що в зоні контакту тіл кочення з зовнішнім кільцем найбільші напруження мають місце в зоні центрального (першого) ролика, а в зоні контакту роликів з внутрішнім кільцем максимальні напруження досягаються в зоні наступного (другого) ролика. Це викликає декілька піків навантаження, що у свою чергу негативно впливає на довговічність підшипника. Важливим є той факт, що на підшипниковий вузол, крім радіального, діє осьове навантаження. З появою та збільшенням осевого навантаження зростає інтенсивність еквівалентного навантаження, діючого на ролик підшипника і знижується надійність підшипникового вузла.

Розглянуті методи модернізації дозволяють покращити умови розподілу навантаження між роликами, а саме вирівняти навантаження між переднім і заднім роликами, більш рівномірно розподілити навантаження між роликами та усунути «крайковий» ефект.

На даному етапі важко визначити, яка з модернізацій більш доцільна й буде мати найбільший ефект. Кожен з методів тією чи іншою мірою позитивно впливає на покращення умов сприймання навантажень. Але більш точні висновки можливо робити після порівняння даних, отриманих при розрахунках з експлуатаційними випробуваннями.

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ КОНТЕЙНЕРІВ З ПРУЖНО-В'ЯЗКИМИ ЗВ'ЯЗКАМИ У ФІТИНГАХ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМАХ

A. Lovska

INVESTIGATION OF DYNAMIC LOADING OF CONTAINERS WITH ELASTIC-VISCOUS LINKS IN THE FITTINGS IN OPERATING MODES

Утримання лідерських позицій залізничного транспорту на ринку транспортних послуг зумовлює введення в експлуатацію інтероперабельних систем. Однією з найбільш успішних та ефективних серед таких є контейнерні перевезення, що обумовлено мобільністю контейнера як транспортного засобу.

Інтермодальність контейнера зумовлює навантаження його несучої конструкції при різних експлуатаційних режимах залежно від типу транспортного засобу, на якому здійснюється перевезення. Тому при створенні контейнерів нового покоління з покращеними техніко-економічними та експлуатаційними показниками необхідним є урахування уточнених величин навантажень, які діють на нього, а також прийняття нових інноваційних рішень, спрямованих на покращення умов їх експлуатації.

Для зменшення ударних навантажень між фітингами контейнера та фітинговими упорами вагона-платформи при маневровому співударянні у випадку, коли ударне навантаження перевищує силу тертя між горизонтальними площинами фітингів і фітингових упорів, пропонується постановка у фітинги контейнера пружних і в'язких елементів.

З метою визначення динамічної навантаженості контейнера при маневровому співударянні з урахуванням заходів щодо удосконалення складено математичну модель, яка враховує переміщення контейнера, розміщеного на вагоні-платформі. У якості вагона-

прототипу обрано вагон-платформу моделі 13-4012М. Дослідження проведені стосовно контейнера типорозміру 1СС.

Дослідження динамічної навантаженості контейнера проводилося у плоскій системі координат. У моделі враховано силу сухого тертя, яка виникає при переміщенні фітингів контейнерів відносно горизонтальних площин фітингових упорів, і пружний зв'язок між фітинговими упорами та фітингами.

На підставі проведених розрахунків отримано прискорення, які діють на удосконалену конструкцію контейнера, розміщеного на вагоні-платформі, при маневровому співударянні. Дана величина прискорення склала близько 50 м/с^2 ($\approx 5g$), тобто перевищує нормативну величину прискорення на 60%. При цьому жорсткість пружних елементів знаходилася в діапазоні 220–1700 кН/м. Отже, пружний зв'язок між фітингами та фітинговими упорами при даній розрахунковій схемі не компенсує повною мірою величину динамічного навантаження, яке діє на контейнер. Тому розглянуто випадок в'язкої взаємодії фітингів контейнера з фітинговими упорами вагона-платформи.

Прискорення, яке діє на контейнер з в'язкими зв'язками у фітингах, розміщений на вагоні-платформі, при маневровому співударянні склало близько 20 м/с^2 ($\approx 2g$). При цьому загальний в'язкий опір переміщенню одного контейнера має знаходитися в діапазоні 10–50 кН·с/м.

Для зменшення динамічної навантаженості контейнера, розміщеного на вагоні-

платформі, при маневровому співударянні також розглянутий варіант виконання фітінгів з пружно-в'язкими зв'язками. Результати проведених розрахунків показали, що при значенні жорсткості пружного елемента 20 кН/м і коефіцієнта в'язкого опору $30 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$ прискорення, які діють на контейнер, складають близько 20 м/с^2 ($\approx 2g$) і знаходяться в межах допустимих.

Наступним етапом дослідження стало визначення динамічної навантаженості контейнера-цистерни з урахуванням заходів щодо удосконалення при маневровому співударянні. У якості наливного вантажу прийнято бензин. Рух наливного вантажу описувався сукупністю математичних маятників. На підставі проведених розрахунків отримано прискорення, які діють на удосконалену конструкцію контейнера-цистерни, розміщеного на вагоні-платформі, при маневровому співударянні. Дана величина прискорення склала близько 50 м/с^2 ($\approx 5g$), тобто перевищує допустиме значення. При цьому загальна жорсткість пружних елементів на один контейнер-цистерну знаходилася в діапазоні $420\text{--}530 \text{ кН/м}$.

Для зменшення динамічної навантаженості контейнера-цистерни, розміщеного

на вагоні-платформі, при маневровому співударянні також розглянуто варіант виконання фітінгів з в'язкими зв'язками. При завданій величині в'язкого опору у фітінгах контейнера-цистерни прискорення склало близько 40 м/с^2 ($\approx 4g$) і не перевищує нормовану величину. Загальний в'язкий опір переміщенню одного контейнера-цистерни має знаходитися в діапазоні $9\text{--}54 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$.

Також розглянуто випадок пружно-в'язкого зв'язку між фітінгами та фітінговими упорами. При цьому жорсткість пружного елемента прийнята рівною 480 кН/м і коефіцієнт в'язкого опору $30 \text{ кН}\cdot\text{с/м}$. Максимальна величина прискорення складає близько 40 м/с^2 ($\approx 4g$) і не перевищує нормовану величину.

Проведені дослідження сприятимуть забезпеченню міцності несучих конструкцій контейнерів і контейнерів-цистерн при експлуатаційних режимах навантаження, скороченню витрат на позапланові види ремонту, а також підвищенню ефективності експлуатації інтегрованого транспорту через міжнародні транспортні коридори.

УДК 629.4.077:629.463

І. Е. Мартинов, В. Г. Равлюк, В. А. Гребенюк, М. Г. Равлюк

ДОСЛІДЖЕННЯ ЧИННИКІВ ФОРМУВАННЯ ДУАЛЬНОГО ФРИКЦІЙНОГО ЗНОСУ ГАЛЬМОВИХ КОЛОДОК

I. Martinov, V. Ravlyuk, V. Grebenyuk, N. Ravlyuk

INVESTIGATION OF FACTORS OF DEVELOPMENT DUAL FRICTION WEAR OF BRAKE PADS

Зростання обсягів перевезень вантажів на залізницях потребує збільшення ваги поїздів і підвищення швидкості їх руху. Це можливо тільки за умови безвідмовної працездатності автоматичних гальм рухомого складу. Однак стан гальмового обладнання в

більшості вантажних вагонів за останні роки значно погіршився, причиною цього є ненормативне спрацьовування гальмових колодок у вантажних вагонах.

Аналіз явищ дуального зносу гальмових колодок показує, що нова колодка починає зношуватися у верхній

частині внаслідок низької надійності пристрою рівномірного відведення колодок. При русі вагона (обертанні колеса ω) сила тертя F_{cm} реалізується в контактні між колесом і рейкою, що утворює шкідливо діючу силу опору рухові, тобто $F_{cm}=B_{on}$ (рис. 1, а) і, як наслідок, збільшує витрати енергоносіїв на тягу поїздів. Під час гальмування колодкою з верхньою стертістю l_{ck} сила натиснення K на колодку спричиняє поворот її навколо точки A (рис. 1, б). Тому верхня, вже стерта, частина колодки l_{ck} відходить від поверхні кочення колеса й не бере участі в гальмуванні. Нижня частина колодки притискається до колеса, але є вкороченою, через що питомі гальмові натиснення q перерозподіляються

вздовж колодки нерівномірно. У верхній частині колодки концентруються значно більші питомі тиски q_v , які до низу поступово зменшуються q_n . Внаслідок збільшення пробігу вагона зношування у верхній частині колодки настає раніше, ніж очікувалося, що вимагає її заміни при досить суттєвому невикористаному залишку робочого тіла на нижній частині колодки.

Характерною особливістю ненормативного зносу колодки є те, що на її робочій поверхні утворюється двоплощинний переломний фрикційний знос, який має лінію розмежування, тому для подальших досліджень такого зносу колодок доцільно ввести поняття «дуальний знос» для гальмових колодок.

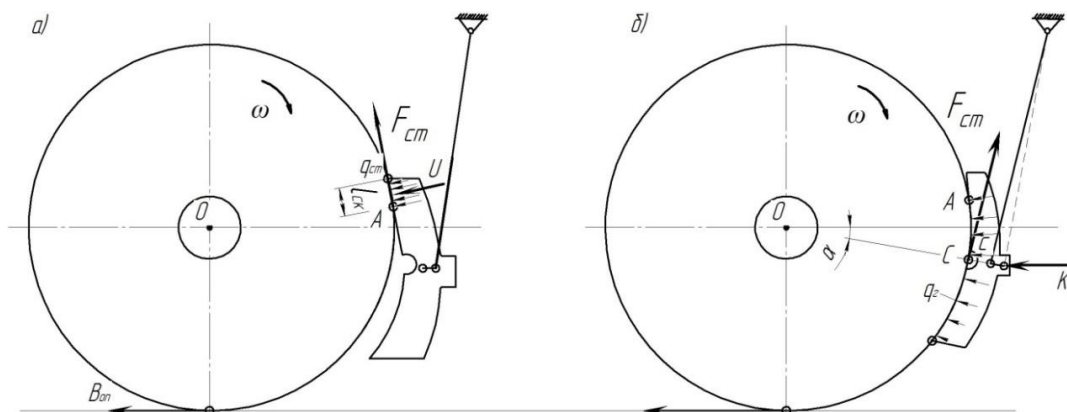


Рис. 1. Схеми відтворення стирання верхнього краю колодки під час руху без гальмувань (а); гальмування колодковим гальмом вагона з утвореним дуальним зносом колодки (б)

Поняття дуальності пов'язано з клиноподібним загальним фрикційним зносом, яке ґрунтується на тому, що на робочій поверхні тертя гальмової колодки в процесі

ненормативних умов роботи гальмової системи на фрикційній зношуваній поверхні колодок утворюються дві площини стертості з лінією перелому між ними (рис. 2).

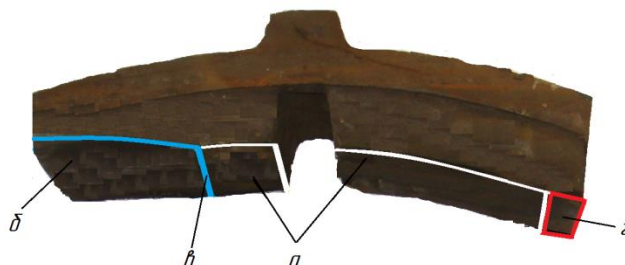


Рис. 2. Вигляд дуально зношеної гальмової колодки: а – робоча площа гальмування; б – площа шкідливої стертості; в – лінія розмежування площин; г – залишок площі від нової колодки, який не торкався поверхні кочення колеса при гальмуваннях вагона

Для виділення особливого характеру двоплощинного переломного профілю зносу гальмових колодок, що має місце у великій кількості гальм сучасних вантажних вагонів, вперше введено поняття дуального фрикційного зносу гальмових колодок.

За наявності дуального зносу гальмових колодок процес гальмування в поїздах набуває негативних наслідків:

підвищення температури тертя в парі колодка-колесо спричиняє інтенсивний нерівномірний знос колодок; зменшує ресурс колодок і коліс; погіршує ефективність гальмувань у поїздах; зростають витрати енергоносіїв на тягу поїздів.

Поставлена актуальна задача розроблення технічних засобів для ліквідації дуального зносу гальмових колодок вантажних вагонів.

УДК 629.1.032

В. Г. Маслієв, В. В. Дущенко, А. О. Маслієв

ПІДРЕСОРЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ МАГНІТОРЕОЛОГІЧНИХ ЕЛАСТОМЕРІВ

V. Masliev, V. Dushchenko, A. Masliev

SUBSTANCES OF VEHICLES WITH USING MAGNETOREOLOGICAL ELASTOMERS

Аналіз публікацій показав, що підвищити плавність ходу транспортних засобів (ТЗ) можна шляхом застосування керування характеристиками їхніх систем підресорювання (СП). Один із шляхів вирішення цього завдання полягає в застосуванні в СП альтернативних матеріалів, характеристиками яких можна керувати. До таких матеріалів належать магнітореологічні еластомери (МРЕ): це так звані «інтелектуальні» матеріали (smart materials), вони можуть змінювати свої механічні характеристики (модулі пружності і втрат) під дією керуючого магнітного поля. МРЕ складаються з матриці (звичайної або силіконової гуми, поліуретану тощо), до якої додають певну кількість (до 40 % за об'ємом) наповнювача, наприклад феромагнітні частинки карбонільного заліза з розміром від 5 до 40 мкм. Суміш полімеризують при температурі близько 150 °С.

Створено демпфіруючі пристрої, де в якості робочого елемента використано

пружні елементи з МРЕ, характеристиками яких керували за допомогою магнітного поля. На цих пристроях реалізовано відносно малі (до 1 мм) деформації пружних елементів, але вони допомогли з успіхом вирішити завдання захисту обладнання від вібрацій, оскільки їм притаманні необхідні пружно-демпфіруючі якості, величиною яких було здійснено необхідне керування.

Між тим для використання МРЕ у пристроях для демпфірування коливань ТЗ недостатньо відомостей про ступінь впливу магнітного поля на пружні та демпфіруючі характеристики зразків з МРЕ і співвідношення змін модулів пружності і демпфірування.

Метою роботи є дослідження ступеня впливу магнітного поля на пружні та демпфіруючі характеристики зразків з МРЕ та на співвідношення змін модулів пружності і демпфірування.

Завдання, які при цьому було вирішено:

– виготовлено зразки з МРЕ з параметрами, придатними для використання у СП;

– проведено експериментальні дослідження в умовах стенда впливу магнітного поля на характеристики зразків з МРЕ та на співвідношення модулів пружності і втрат при дії керуючого магнітного поля.

Цей оригінальний стенд дозволив проводити широкий спектр досліджень впливу магнітного поля на модулі пружності і втрат зразків з МРЕ. При цьому практично виключено вплив таких сторонніх факторів, як гравітаційна сила тяжіння та сили тяжіння електромагнітів, а замкнене магнітне коло із феромагнетиків збільшило потік магнітної індукції.

Для досліджень було використано метод електротензометрії, вимірювальні прилади створювалися на базі сучасних мікропроцесорних технологій. Аналіз статичних характеристик показав, що індукція керуючого магнітного поля $B = 0,6$ Тл викликала зростання коефіцієнта жорсткості (модуля пружності) у 1,75, а коефіцієнта демпфірування (модуля втрат) у 4,4 рази. Отже, демпфірування у зразках зростало майже вчетверо швидше, ніж їх жорсткість.

При дослідженні динамічних характеристик МРЕ в умовах стенда коливання збуджувалися механічним вібратором, який через пружину діяв на масу до отримання резонансних амплітуд її коливань на пружних елементах із МРЕ. Після цього вібратор вимикався і виникали загасальні коливання. Аналіз осцилограм коливань показав, що при вмиканні керуючого магнітного поля стала часу зменшувалася з 1,48 до 0,78 с, тобто швидкість загасання коливань поліпшувалася. Перехідний процес практично завершувався через $3 \cdot 0,78 = 2,34$ с. При цьому спостерігалось зростання жорсткості

зразків близько до 25 %, що викликало зростання частоти власних коливань з 2,5 до 2,7 Гц, тобто на 8 %, а коефіцієнт демпфірування при цьому збільшився на 118 % (з 0,038 до 0,083), тобто в 4,7 рази більше за жорсткість, тобто дещо більше за статичну жорсткість.

Вимушені коливання досліджувались так. За допомогою вібратора на стенді реалізувався режим резонансних коливань, а потім до котушок електромагнітів керування подавався електричний струм, який створював керуюче магнітне поле з індукцією $B = 0,6$ Тл. При цьому амплітуди коливань маси на пружних елементах із МРЕ зменшувалися вдвічі завдяки збільшенню демпфірування у пружних елементах. Після вимикання магнітного поля система поверталася до режиму резонансних коливань, а їхні амплітуди зростали до початкової величини. Тривалість перехідних процесів склала близько 2,3 с.

Для подальшого зменшення амплітуд коливань шляхом керування необхідно збільшувати магнітну індукцію керуючого поля.

Таким чином, виявлено, що керуюче магнітне поле викликало зростання жорсткості (модуля пружності) у 1,75, а демпфірування (модуля втрат) у 4,4 рази, тобто вплив його на модуль втрат сильніше, ніж на модуль пружності зразків із МРЕ. При вмиканні керуючого магнітного поля з індукцією $B = 0,6$ Тл амплітуди резонансних коливань маси зменшуються вдвічі за час 2,3 с. Зменшення амплітуд відбувається за рахунок зростання модуля втрат.

Отримані результати досліджень будуть використані при створенні керованих демпфіруючих пристроїв для транспортних засобів як альтернатива до гідравлічних гасників коливань.

УДК 629.429.46-027.45(043.5)

С. В. Мямлін, В. В. Скалозуб, Л. А. Мурадян

**ОБҐРУНТУВАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ БАЙЄСІВСЬКОЇ МОДЕЛІ
ДЛЯ РОЗРАХУНКІВ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ВАНТАЖНОГО ВАГОНА
НА ЕТАПАХ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ**

S. Myamlin, V. Skalozub, L. Muradian

**THE RATIONALE FOR THE APPLICATION OF THE BAYESIAN MODEL
FOR CALCULATING THE RELIABILITY INDICATORS OF A FREIGHT CAR
AT THE STAGES OF ITS LIFE CYCLE**

Метою даної роботи є обґрунтування байєсівської моделі (БМ) оцінювання показників надійності вантажного вагона на етапах життєвого циклу. Життєвий цикл вагону включає етапи створення, виробництва та експлуатації: етап створення починається з передпроектних досліджень і закінчується створенням конструкції вагона; етап виробництва включає постановку на виробництво, процес виробництва і зняття вагона з виробництва; на стадії експлуатації реалізуються, підтримуються і відновлюються якісні характеристики вагона; етап утилізації передбачає виключення вагона з експлуатації і списання з наступною переробкою.

Важливим завданням у вагонному господарстві є визначення прогнозу експлуатаційного ресурсу вагона, що дозволяє проводити коригування показників надійності на певних етапах життєвого циклу. У свою чергу оцінювання ресурсу може бути втілено в систему технічного обслуговування і ремонту вантажних вагонів. Формування прогнозного ресурсу ґрунтується саме на оцінюванні показників надійності.

В основу отримання показників надійності покладено збір та оброблення статистичних даних про відмови. На етапі експлуатації також можуть виявлятися недоліки при проектуванні та виробництві.

Застосування БМ забезпечить можливість або спростить процедури з визначення показників надійності вагонів чи встановлення умов, коли комплекс передумов методу забезпечується в достатньому для практики ступені. Розглядається вантажний вагон у вузлах (колісних парах), у яких виникає механічний знос і втомні пошкодження.

У результаті проведених досліджень сформовано висновки, що використання представленої моделі дозволяє оцінити показники надійності на етапах життєвого циклу, оптимізувати міжремонтний термін і кількість ремонтів впродовж життєвого циклу певної моделі вагона, при цьому забезпечується урахування не тільки конструктивних особливостей, а також імовірностей безвідмовної роботи основних ресурсовизначальних елементів вузлів вагонів.

УДК 629.4

А. В. Нечипорук

**ВПЛИВ РІВНЯ НАПРУЖЕНОГО СТАНУ НА ШВИДКІСТЬ КОРОЗІЇ
ВАГОННИХ СТАЛЕЙ**

А. Nechyporuk

**INFLUENCE OF THE EXPOSED LEVEL ON THE QUALITY OF CORROSION
OF MECHANICAL STEEL**

Досвід експлуатації та ремонту вагонів свідчить про те, що корозія є однією з основних причин зниження несучих характеристик металевих елементів кузовів вагонів. Вона призводить до появи наскрізних пошкоджень огорожувальних елементів, тріщин, надломів основних несучих елементів і, як наслідок, до зниження надійності вагонів і безпеки руху поїздів.

Характер і ступінь корозії залежить від таких факторів: конструктивного виконання елементів конструкції вагона, виду вантажу, що перевозиться, властивостей металу конструкції, умов виконання навантажувально-розвантажувальних робіт.

Аналіз досліджень конструкцій, працюючих під дією агресивного середовища, виявив багато факторів, які впливають на швидкість корозії конструктивних матеріалів. Це обумовлено великою різноманітністю видів взаємодії матеріалу конструкції з корозійним середовищем, умовами експлуатації конструкції, впливом режимів навантаження на процес корозії, а

також умовами протікання корозії. Особливу групу корозійних процесів становить корозія під напруженнями, яка характеризується руйнуванням металу при одночасній взаємодії корозійного середовища і постійних чи змінних механічних напружень.

Швидкість корозійного процесу визначалась часом контакту металу конструкції з середовищем і рівнем напруженого стану контактуючого елемента конструкції. За результатами експерименту оцінювався вплив рівня напруженого стану на швидкість корозії.

У результаті багатофакторного експерименту, під час якого проводилось експериментальне оцінювання впливу рівня напруженого стану на швидкість корозії вагонних сталей, а саме зразків сталі 09Г2Д, була отримана залежність швидкості проходження корозійних процесів від ступеня напруженого стану, яка в подальшому використовувалась у розрахунках при прогнозуванні ресурсу вагонів у якості моделі корозійного зносу.

УДК 629.4.014

О. Г. Рейдемейстер, В. О. Калашник, С. В. Рижов, О. А. Шикунів

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ
ОПОРУ ВТОМІ ВУЗЛІВ КУЗОВА ПІВВАГОНА**

О. Reidemeister, V. Kalashnyk, S. Ryzhov, O. Shygunov

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION THE FATIGUE PROPERTIES
OF THE GONDOLA CAR BODY PARTS**

Найбільш пошкоджуваними в експлуатації елементами піввагонів є вузли

зчленування елементів рами і стійок бічних стін. Зниження навантаженості цих вузлів,

що створює передумови для збільшення терміну служби і зниження витрат на ремонт вагонів, є першочерговим завданням при створенні рухомого складу нового покоління. У зв'язку з цим ПАТ «Дніпровагонмаш» розроблена модель піввагона 12-4106-01 зі стійками бічної стіни замкненого профілю, що передбачає збільшення міцності останніх. Характеристики міцності елементів вагона поліпшені також за рахунок застосування сталей класів міцності 345 (стійки) і 390 (шворневий вузол). У зв'язку зі зміною конструкції та застосуванням матеріалів з поліпшеними характеристиками міцності призначений термін служби був збільшений до 32 років, що слід було підтвердити результатами робіт з оцінювання ресурсу.

Дніпровським національним університетом залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна на замовлення ПАТ «Дніпровагонмаш» виконано комплекс робіт з оцінювання ресурсу вузлів, що включає в себе стендові випробування

натурних зразків вузлів піввагона для оцінювання напружено-деформованого стану і опору втомі, а також розрахунково-експериментальне оцінювання ресурсу вузлів. Спільно з Інститутом електрозварювання імені Є. О. Патона НАНУ проведено натурні випробування вузлів на опір втомі, які підтвердили заявлений термін служби.

Найменший опір втомі мають ділянки конструкції, що містять зварні шви. Границя витривалості для них становить від 12,1 МПа (вузол закладення стійки бокової стіни) до 33,6 МПа (шворневий вузол), що в 6...18 разів менше границі витривалості гладких зразків з того самого матеріалу.

Кількість ділянок, де може виникнути втомна тріщина, не більше двох для кожного зразка. Виконавши зміцнюючу обробку зварних швів тільки на цих ділянках, можна домогтися істотного збільшення ресурсу вузлів вагона без помітного збільшення вартості виготовлення.

УДК 629.4

А. А. Стецько

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАСОБІВ З ПРОТИДІЇ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМ ПОШКОДЖЕННЯМ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ВАГОНА-ТЕРМОСА МОДЕЛІ ТН 4-201

А. Stetsko

DETERMINATION OF MEANS OF CONTRAINDICATION OF OPERATIVE DAMAGE OF SUPERIOR WAGON-THERMAL SYSTEMS OF THE MODEL TN 4-201

На основі колегіального обстеження пошкоджених вагонів термосів (№ 58033358, № 58033291, № 58033227, № 58031352) в умовах Філії «Рефрижераторної вагонної компанії» АТ «Укрзалізниця» неозброєним візуальним методом з'ясовано, що каркаси несучих систем модуля кузова не мають видимих пошкоджень, які б призвели до розривів обшиви даху.

При цьому тріщини не хаотичні, мають систематичний характер; тріщини мають розвиток по дузі, де знаходиться середина дверного просвіту; тріщини розвиваються на однаковій відстані з однієї чи з двох сторін дугоподібного середнього аркового швелера; тріщини утворюються в корозійних місцях у вигляді лінії, яка повторює дугоподібний швелер.

Для визначального обґрунтування першопричин появи деформацій дахів

вагонів-термосів моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина необхідно провести металографічні дослідження проблемних ділянок; повномасштабне комп'ютерне моделювання несучої системи з обов'язковим експериментальним підтвердженням; точний (покоординатний) аналіз просторової геометрії.

У якості загальних рекомендацій з протидії експлуатаційним пошкодженням для вагонів-термосів моделі ТН 4-201 побудови заводу «Десау» Німеччина можна виділити проведення заходів з поліпшення якостей цих вагонів шляхом застосування більш ефективних систем демпфірування;

впровадження інноваційних рішень з поліпшення несучої здатності конструкцій, наприклад принципів рівномірності чи компенсаційного напруженого і/або деформованого стану; системного підсилення найбільш відповідних ділянок несучих вузлів та елементів; недопущення експлуатації таких вагонів у непередбачених керівництвом з експлуатації режимах, наприклад розпуск з сортувальних гірок; застосування матеріалів з особливими властивостями у найбільш відповідальних (таких, що впливають на безпеку руху) ділянках.

УДК 629.4.02:629.45

А. В. Труфанова, М. О. Сергієнко

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ

А. Trufanova, M. Serhiienko

EXPLORATION TECHNICAL STATE BODY OF PASSENGER WAGONS

Залізничний транспорт України забезпечує потреби економіки та населення в перевезеннях. Гостра конкуренція між різними видами транспорту сприяє підвищенню якості транспортних послуг.

Для забезпечення руху поїздів парк пасажирських вагонів повинен мати високу надійність. У той же час вагон складається з великої кількості вузлів, технічний стан яких безпосередньо впливає на експлуатацію пасажирських вагонів.

Нині на залізницях України експлуатується понад 4 тисяч пасажирських вагонів різних типів і моделей. У переважної більшості вагонів ресурс вже вичерпано, а спрацювання перевищує вже 80 %. Тобто старіння вагонів відбувається швидкими темпами і не компенсується надходженнями нових вагонів. Навіть при наростанні обсягів виробництва вагонів щорічний дефіцит становить близько тисячі вагонів, і покриватися він може за рахунок

проведення капітально-відновлювального ремонту вагонів і обґрунтованого продовження їхнього терміну служби.

При надходженні вагонів у ремонт їхній фізичний знос неоднаковий: різні елементи вагонів мають різний ступень зносу. Тому витрати на ремонт можуть бути як необґрунтовано завищеними, так і недостатні для забезпечення після проведення модернізації безпечної експлуатації вагонів з подовженим терміном експлуатації.

Фахівцями кафедри вагонів УкрДУЗТ спільно зі науковцями ДП «УкрНДІВ» проведено спостереження за технічним станом понад 500 пасажирських вагонів. Авторами були проведені дослідження оцінки параметрів елементів кузова пасажирських вагонів різних моделей і років побудови. Під час обстеження технічного стану кузовів вагонів контролювалися їхні вузли, а саме хребтова балка, шворнева

балка, розкоси, лобова балка, кінцеві балки, нижня обв'язка, кутові стояки, обшивка торцевої стіни, обшивка бокової стіни, обшивка даху, настил підлоги.

У результаті дослідження було проведено порівняння зносу товщини металу фактичних розмірів кузовів пасажирських вагонів з номінальними розмірами при побудові для виявлення величини спрацювання. Також були обстежені вузли кузова та рама вагонів на корозійні ушкодження і отримані графіки залежності від року побудови вагона та зносу кузова і рами вагона.

На основі результатів роботи можна зробити висновок, що найбільш ушкодженими ділянками вагонів є хребтова балка, шворнева балка, нижня обв'язка, обшивка бокової стіни та настил підлоги.

Очевидно, що величина спрацювання залежить від терміну експлуатації та змінюється за експоненціальним законом. Найбільш вразливим місцем є підлога: максимальний рівень спрацювання складає близько 20 %. Максимальний рівень спрацювання металевої обшивки бокової стіни та нижньої обв'язки складає близько 15 %.

У найкращому стані знаходиться хребтова балка: її максимальний рівень спрацювання складає близько 12 %.

За результатами досліджень отримано аналітичні залежності, які характеризують рівень спрацювання від терміну служби металоконструкцій вагона.

Отримані дані дозволяють визначити напрями досліджень з забезпечення надійності пасажирських вагонів.

УДК 629.463.65

О. В. Фомін, П. М. Прокопенко

ПІДСИЛЕННЯ НЕСУЧИХ СИСТЕМ ВАГОНІВ-ЗЕРНОВОЗІВ З МЕТОЮ ПРОДОВЖЕННЯ ТЕРМІНУ СЛУЖБИ

О. Fomin, P. Prokopenko

STRENGTHENING OF SUPPORTED GRAIN MACHINE SYSTEMS WITH THE AIM OF PROLONGING THE TERM OF THE SERVICE

У роботі виконано аналіз сучасного стану парку вагонів-хоперів для перевезення зерна в Україні. Результати аналізу показують, що вагони-зерновози майже вичерпали свій ресурс. У зв'язку з цим запропонована модернізація, що дозволить продовжити термін служби вагон-зерновоза.

За результатами виконаних досліджень технічного стану вагонів-хоперів критич встановлено, що оглянуті вагони моделі 19-752 у кількості більше 113 вагонів мають тріщини в районі з'єднання заднього упора автозчипного пристрою з рамою кузова вагона з загальної кількості 1453 вагонів, оглянутих з 2016 року.

До того ж недостатнє фінансування на закупівлю нового рухомого складу гостро ставить питання про збереження в робочому стані існуючого парку вагонів.

Під час проведення технічного діагностування вагонів-зерновозів моделі 19-752 визначилась тенденція виявлення однотипних тріщин у хребтових балках у районі клепаного з'єднання їх із задніми упорами. Беручи до уваги одноманітність виявлених дефектів у вагонах-зерновозах моделі 19-752 та фактичний відсоток їх вибракування, то можна прогнозувати, що у 2017 році загальна їх кількість буде становити близько 200 одиниць.

Модернізація полягає в наварюванні посилюючої планки в місці виникнення тріщин з поступовою зміною товщини, а отже, і жорсткості, що дозволить отримати найменші напруження.

У зв'язку з цим запропоновано модернізацію, яка дозволить продовжити термін служби вагон-зерновоза та

покращить тріщиностійкість на рами кузова вагона. Проте впровадження запропонованої модернізації обґрунтувало необхідність проведення відповідних дослідних робіт. Зазначені роботи включали дослідження місць і причин виникнення тріщин, а їхній результат став основою запропонованої модернізації рами вагона.

УДК 629.463

В. Ю. Шапошник

МІЖРЕМОНТНИЙ РЕСУРС ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

V. Shaposhnyk

THE INTER-REPAIR RESOURCE OF FREIGHT CARS

Під час експлуатаційних випробувань піввагонів зібрано інформацію про відмови і тривалість відновлення працездатного технічного стану і виконано її статистичну обробку. Експлуатаційні випробування проведені на дослідному маршруті ДПТУ напрямку «Кривий Ріг – Ужгород – Кошице», на якому виконувалися перевезення залізородної сировини. Під час комісійних оглядів та обмірів вагонів встановлювався відсоток виконання

технічного обслуговування. Зрозуміло, що після обслуговування цей показник теоретично становив 100 %, однак на практиці все не так, і це не контролюється належним чином. Після обслуговування вагони мають певний пробіг до відмови. Після виникнення будь-якої відмови встановлювалася її причина. Залежності ймовірності відмов піввагонів від пробігу при виконанні технічного обслуговування наведено на рисунку.

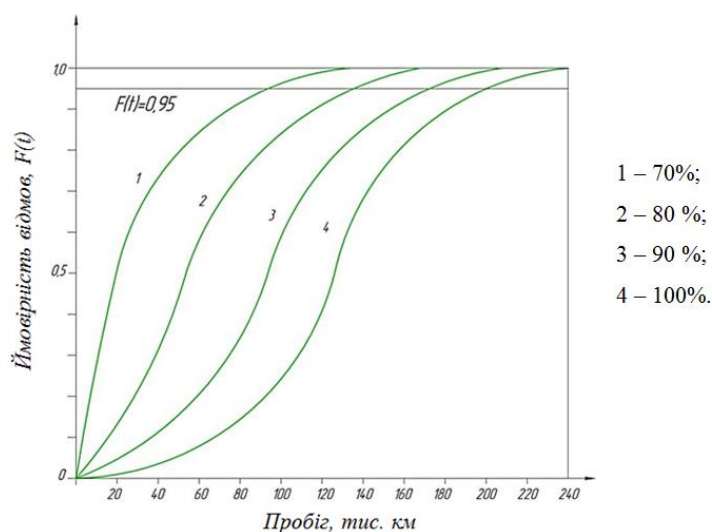


Рис. Залежності ймовірності відмов піввагонів від пробігу при виконанні технічного обслуговування у вказаному обсязі

Порівнювався міжремонтний ресурс вантажних вагонів при переході до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторних засобів контролю граничних станів вузлів. Встановлено, що міжремонтний ресурс піввагона 12-7023 залежно від пробігу в реальних експлуатаційних умовах нижче до 12 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі

технічного обслуговування та ремонту. У випадку переходу до системи технічного обслуговування та ремонту за технічним станом із застосуванням індикаторних засобів контролю граничних станів вузлів значення міжремонтного ресурсу для піввагона 12-7023 вище до 7,4 % порівняно з нормативно встановленими значеннями при існуючій системі технічного обслуговування та ремонту.

Секція
СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ
ЕКСПЛУАТАЦІЄЮ, РЕМОНТОМ ТА ТЕХНІЧНИМ
ОБСЛУГОВУВАННЯМ РУХОМОГО СКЛАДУ

УДК 629.4.083:629

О. М. Ананьєва, М. М. Бабаєв, В. С. Блиндюк

ЛІНЕАРИЗАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТЯГОВОГО ПРИВОДА
МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

О. Ananieva, M. Babaiev, V. Blyndiuk

LINEARIZATION OF MATHEMATICAL MODEL OF TRACTION DRIVE
OF MOTOR-CARRIAGE ROLLING STOCK

Розглянуто процедуру лінеаризації математичної моделі (1) тягового привода моторвагонного рухомого складу на основі засобів геометричної теорії керування, яка припускає спочатку перехід за допомогою

засобів диференціальної геометрії в новий простір, де математична модель об'єкта керування залишається еквівалентною вихідній моделі, але стає лінійною.

$$\frac{di_{\text{я}}}{dt} = \frac{1}{L_{\text{я}}} \left(U_{\text{п}} - (R_{\text{я}} + R_{\text{ш}}) i_{\text{я}} - R_{\text{ш}} i_{\text{в}} - C_{\text{Е}} \gamma W n (1 - e^{\beta i_{\text{я}}}) - i_{\text{я}} R_{\text{д}} \right);$$

$$\frac{di_{\text{в}}}{dt} = \frac{1}{L_{\text{в}}} (R_{\text{ш}} i_{\text{я}} - (R_{\text{ш}} + R_{\text{в}}) i_{\text{в}}); \quad (1)$$

$$\frac{dn}{dt} = \frac{\mu}{2\pi m R_{\text{к}}^2} \left(k_1 C_{\text{м}} i_{\text{я}} \gamma W (1 - e^{\beta i_{\text{я}}}) - j m g R_{\text{к}} k_2 \left(a_0 + a_1 \frac{2\pi n R_{\text{к}}}{\mu} + a_2 \frac{\pi^2 n^2 R_{\text{к}}^2}{\mu^2} \right) \right),$$

де $i_{\text{я}}$, $i_{\text{в}}$ – відповідно струм якірної обмотки й струм обмотки збудження; $L_{\text{я}}$, $L_{\text{в}}$ – відповідно індуктивності якірної обмотки й обмотки збудження; $U_{\text{п}}$ – напруга живлення еквівалентного двигуна; $R_{\text{я}}$, $R_{\text{ш}}$, $R_{\text{д}}$, $R_{\text{в}}$ – відповідно активні опори якірного кола, шунта, додаткового резистора й обмотки збудження; $C_{\text{Е}}$, γ , β , $C_{\text{м}}$, k_2 , a_0 , a_1 , a_2 – постійні коефіцієнти; W – кількість витків обмотки збудження; n – обороти електродвигуна; $\gamma(1 - e^{\beta i_{\text{я}}})$ – аналітичний опис кривої намагнічування; μ – передатне

відношення редуктора електродвигуна; m – маса електропоїзда; $R_{\text{к}}$ – радіус колеса колісної пари; k_1 – кількість двигунів електропоїзда; j – коефіцієнт, що враховує ухил залізничної колії, у загальному випадку залежить від ділянки колії; g – прискорення вільного падіння.

Це дало змогу сформулювати необхідні завдання автоматичного регулювання та керування електроприводом електропоїзда.

УДК 621.313

М. Г. Давиденко

**МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ СТРУМУ КОМУТАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН
ЗА НАЯВНОСТІ КОРОТКОЗАМКНЕНИХ ВИТКІВ ОБМОТКИ ЯКОРЯ**

М. Davidenko

**A MATHEMATICAL MODELS OF A SWITCHING CURRENT
OF ELECTRICAL MACHINES IN THE PRESENCE OF
SHORT-CIRCUITED TURNS OF THE ARMATURE WINDING**

Оперативне діагностування систем і вузлів є основою сучасної стратегії технічного обслуговування та ремонту локомотивів. Одним з найменш надійних вузлів локомотива є тягові електродвигуни. На якір припадає близько половини їхніх відмов; його обмотка – найбільш вразлива частина. Несправності обмотки якоря мають великий вплив на процес комутації колекторних машин постійного струму. Найбільшу інформацію про якість комутації несе залежність $i(t)$ струму комутуваної секції від часу. Відомі до цього часу компактні математичні моделі такого струму для випадку цілісної обмотки якоря придатні для контролю технічного стану електродвигуна «в цілому», що лежать в основі методики діагностування шляхом виявлення виходу часової залежності струму комутації з області припустимих значень. Більш корисним для задоволення практичних потреб є визначення конкретного виду несправності. Тому задовільною є така модель струму, що включає в себе

сукупність параметрів, яка забезпечує однозначне визначення виду та (або) місця пошкодження. У доповіді описана низка математичних моделей залежності $i(t)$, які охоплюють типові для практики сполучення числових величин параметрів секції якоря за наявності короткозамкнених витків у цій самій секції. Всі ці моделі є наближеними розв'язками лінійного диференціального рівняння першого порядку, параметрами якого виступають нормована стала часу секції якоря та коефіцієнт, який числово описує ступінь охоплення секції замиканням. Виконано порівняння цих наближених аналітичних розв'язків і результатів безпосередніх числових розв'язків вихідного диференціального рівняння. Встановлено, що величини розходжень між вказаними розв'язками є невеликими, що дозволяє сподіватися на можливість використання наближених розв'язків як об'єктивних графічних характеристик конкретних видів пошкоджень.

УДК 629.4.027.51

*Ю. М. Дацун, К. М. Саркісян,
О. С. Коваленко, О. В. Клименко*

**ВПЛИВ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРА НА БЕЗПЕКУ РУХУ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

*Y. Datsun, K. Sarkisian,
O. Kovalenko, O. Klymenko*

HUMAN FACTOR INFLUENCE ON THE SAFETY OF RAILWAY TRANSPORT

Одним з основних пріоритетів на залізничному транспорті є забезпечення безпечної експлуатаційної роботи рухомого складу, що тягне за собою і підвищення ефективності виробництва. Разом з розвитком транспорту і підвищенням швидкостей слід враховувати і потребу в поліпшенні технічного обслуговування, ключовим елементом якого є людина.

Питання про забезпечення безпеки на транспорті існує стільки ж, скільки і дана галузь виробництва, що є однією з основних у нашій країні. Тому поставлено першочергове завдання мінімізувати будь-яку ймовірність виникнення аварій, катастроф або надзвичайних ситуацій. За останнє десятиліття з розвитком технологій зросла і надійність персоналу, у той час як надійність людини за той самий період практично не змінилася. Технології, що використовуються при всіх видах ТО, вимагають безпосередньої участі персоналу з різною кваліфікацією, що тягне за собою найбільш значне джерело аварій на транспорті.

За чверть століття рівень перевезень на залізничному транспорті України виріс практично у два рази, і в подальшому динаміка буде тільки збільшуватися, що тягне за собою і збільшення кількості виходів з ладу рухомого складу.

Під час експлуатації на безпеку рухомого складу впливають безліч факторів як індивідуально, так і в сукупності. Їх можна поділити на три основні групи:

- 1) технічний фактор;
- 2) людський фактор;
- 3) природний фактор.

Наприклад, під людським фактором слід розуміти будь-яку взаємодію між людиною і технологіями, при якій були порушені і/або не повною мірою виконані правила технічної експлуатації на транспорті. Помилку можуть допустити не тільки при проведенні підготовчих операцій перед виїздом локомотива на маршрут прямування, а і в момент управління ним.

**ВИЗНАЧЕННЯ ПОХИБКИ РОЗРАХУНКУ ПОТУЖНОСТІ ВЕНТИЛЬНИХ
РЕАКТИВНИХ ДВИГУНІВ БЕЗ УРАХУВАННЯ ВИЩИХ ГАРМОНІК
ВИПРЯМЛЕНОЇ НАПРУГИ**

E. Zinchenko

**DETERMINATION OF THE ERROR IN CALCULATING THE POWER OF SWITCHED
RELUCTANCE MOTORS WITHOUT TAKING INTO MODEL THE HIGHER
HARMONICS OF THE RECTIFIED VOLTAGE**

У математичних моделях, які описують процеси у вентильних реактивних двигунах (ВРД), враховується тільки постійна складова випрямленої напруги. Вищі гармоніки не враховуються. Для визначення споживаної потужності вчислимо похибку, пов'язану з

нехтуванням вищими гармоніками на виході випрямляча.

З урахуванням того, що $\omega T = 2\pi$, для постійної складової (середнього значення напруги) і діючого значення випрямленої напруги можна записати:

$$U_0 = \frac{6 \cdot \sqrt{3}}{T} \cdot \int_{\frac{T}{6}}^{\frac{T}{3}} U_{max} \cdot \sin(\omega t) dt = -\frac{U_{max} \cdot 6 \cdot \sqrt{3}}{\omega \cdot T} \left[\cos\left(\frac{\pi}{3}\right) - \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) \right] =$$

$$= 1,654 \cdot U_{max} = 2,34 \cdot U_{\phi};$$

$$U = \sqrt{\frac{6 \cdot 3}{T} \int_0^{\frac{T}{6}} U_{max}^2 \cdot \sin^2\left(\omega t + \frac{\pi}{3}\right) dt} =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U_{max} \cdot \sqrt{\frac{3}{T \cdot \omega} \left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{3} - \cos\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{3}\right) \cdot \sin\left(\omega \cdot t + \frac{\pi}{3}\right) \right) \Big|_0^{\frac{T}{6}}} =$$

$$= \sqrt{3} \cdot U_{max} \cdot \sqrt{\frac{3}{2 \cdot \pi} \left(\frac{\pi}{3} - \cos\left(\frac{2\pi}{3}\right) \cdot \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) + \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) \cdot \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) \right)} = 1,656 \cdot U_{max},$$

де U_{max} – максимальне значення фазної напруги;

U_0 – постійна складова напруги;

U – діюча напруга.

При чисто активному навантаженні споживається максимальна потужність, і похибка у відсотках від нехтування вищими гармоніками може бути визначена як

$$\Delta P = \frac{(1,656 \cdot U_{max})^2 - (1,654 \cdot U_{max})^2}{(1,656 \cdot U_{max})^2} \cdot 100 \% = 0,241 \% \quad (3)$$

Отже, похибка при розрахунку споживаної від випрямляча потужності з чисто активним навантаженням з урахуванням тільки постійної складової дорівнює 0,241 %. При активно-індуктивному наван-

таженні, яким є ВРД, похибка буде ще менше, оскільки за рахунок індуктивності зменшуватиметься струм вищих гармонік. Це робить допустимим нехтування вищими гармоніками випрямленої напруги.

УДК 658.527:[629.488:621.865.8]

В. В. Мямлін

**РОБОТИЗОВАНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ АГРЕГАТ ДЛЯ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАГОНІВ
МІЖ ПОЗИЦІЯМИ ГНУЧКОГО ВИРОБНИЦТВА В ПРОЦЕСІ ЇХ РЕМОНТУ АБО
ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ**

V. Myamlin

**ROBOTIZED TRANSPORT UNIT FOR MOVING WAGONS BETWEEN POSITIONS OF
FLEXIBLE MANUFACTURE IN THEIR REPAIR OR MAINTENANCE SERVICE**

Роботизований транспортний агрегат (РТА) призначений для переміщення вагонів між позиціями гнучкого виробництва, які розташовані по обидва боки від транспортного прогону. До специфіки роботи РТА належить те, що він має не просто «зіштовхнути» з себе вагон, а виставити його без сторонньої допомоги в ремонтний модуль, розташований не тільки на відстані 3–4 м від краю траншеї, у якій переміщується РТА, а й в іншому будівельному прогоні.

РТА складається з трансбордерного візка, призначеного для переміщення

вагонів у поперечному напрямку (між паралельно розташованими ремонтними модулями), і телескопічного транспортного порталю, призначеного для переміщення вагонів у поздовжньому напрямку (між трансбордерним візком і ремонтним модулем). Для захоплення вагона використовується спеціальний захоплювальний пристрій, який розташований у самохідному внутрішньому порталі. Захоплювальний пристрій змонтовано на рамі, яка може переміщуватися по вертикальних напрямних (рисунок).

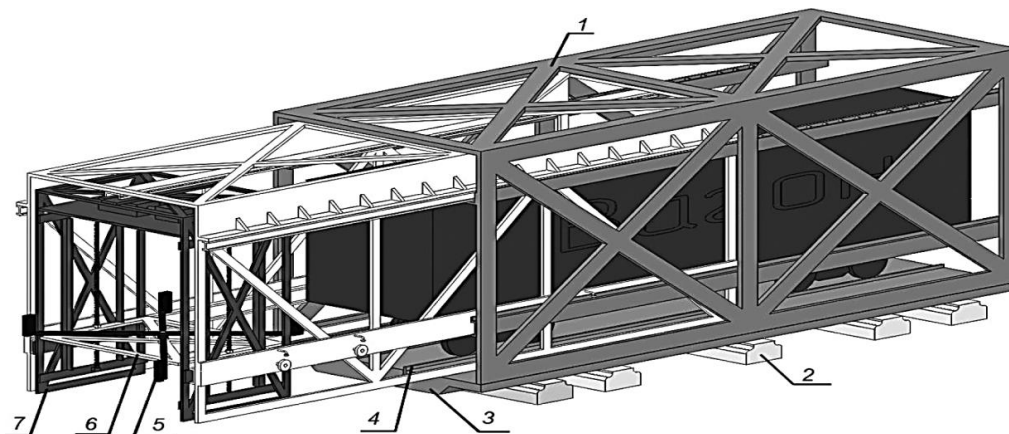


Рис. 1. Схема конструкції роботизованого транспортного агрегату для переміщення вагонів між позиціями гнучкого виробництва: 1 – телескопічний портал; 2 – приводні візки; 3 – горизонтальна платформа; 4 – дільниця рейкової колії; 5 – електромеханічний захват; 6 – вертикальна підйомна каретка; 7 – пересувний внутрішній портал

УДК 531.16:629.4.067

В. М. Петухов

ОЦІНКА ЯКОСТІ ДІАГНОСТИЧНИХ ОЗНАК СХОДУ ВАГОНІВ

V. Petukhov

ASSESSMENT OF THE QUALITY OF DIAGNOSTIC SIGNS OF A DESCENT OF RAILWAY CARS

Проблема раннього виявлення сходу вагонів з рейок є в наш час найбільш актуальною і, незважаючи на значні зусилля розробників, до кінця не вирішеною. Особливо проблематичним є вирішення завдання розпізнавання безпосередньо самого сходу, тобто процесу, коли колісна пара починає рухатися вже не по рейці, а по шпальній решітці.

Система розпізнавання повинна забезпечувати мінімальну ймовірність помилки, тому що та чи інша помилка буде призводити або до аварії, або до затримок у русі поїздів.

Основними ознаками сходу, як показують дослідження, є амплітуда і частота коливання ходових частин. Тут від системи розпізнавання потрібно

виокремлювати величини цих параметрів для визначення сходу.

Завдання селекції сигналів полягає в тому, щоб безпомилково розділяти безпосередньо сам схід колісної пари від руху колісної пари по стрілочних переводах, стиках колії і інших нерівностях, а також від руху колеса з повзуном.

Складання переліку ознак є виключно важливим етапом при побудові алгоритму автоматичного контролю сходу вагона.

Для вибору кращих ознак потрібний високий ступінь кореляції вимірюваних динамічних параметрів руху об'єкта. Для цього необхідно встановити ступінь такої кореляції, тобто за результатами V вимірювань визначити коефіцієнт кореляції r_{ab} розглянутих величин a і b .

$$r_{ab} = \frac{\frac{1}{V} \sum_{i=1}^V (a_i - m_a)(b_i - m_b)}{\sqrt{\frac{1}{V} \sum_{i=1}^V (a_i - m_a)^2 \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V (b_i - m_b)^2}}, \quad (1)$$

де m_a і m_b — середні значення розглянутих величин.

При цьому необхідно прагнути, щоб вибрані ознаки мали найменші дисперсії при максимально можливій відстані між середніми значеннями ознак станів різних класів (відстані між гіпотезами).

Тут велике значення має порівняльна оцінка якості ознак. Тому в якості критерію порівняльної оцінки ознак розпізнавання сходо можна використовувати величину

$$K_j = \frac{M[D_{ji}]}{D_{ji}}, \quad (2)$$

де $M[D_{ji}]$ — математичне очікування дисперсії j -ї ознаки i -го класу;

D_{ji} — дисперсія математичного очікування розподілів ознак.

Якщо $K_a < K_b$, то якість ознаки X_a вище X_b . При цьому найкращою з усіх використовуваних ознак буде вважатися та, у якої найменша величина K_j .

Для своєчасного і достовірного виявлення сходо також вирішальне значення набуває не тільки вибір ознак, але їх логічне ранжирування (впорядкування). Мета ранжирування полягає в тому, щоб на кожному попередньому етапі процесу класифікації стану об'єкта використовувалася більш надійна ознака, ніж на наступному. При цьому більш надійною вважається та ознака, яка має більшу інформативність.

УДК 629.483/.488

А. Л. Пуларія, Л. П. Безовська

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ЗАСОБІВ ПЕРЕМІЩЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ І ОБЛАДНАННЯ ПІД ЧАС ПОБУДОВИ ТА РЕМОНТУ

A. Pulariya, L. Bezovskaya

THE USE OF MODERN FACILITIES OF MOVING OF ROLLING STOCK AND EQUIPMENT IS DURING A CONSTRUCTION AND REPAIR

Підйомно-транспортне обладнання (мостові крани, домкрати, конвеєри та ін.), яке використовується під час побудови та ремонту рухомого складу і їхніх вузлів, потребує значних виробничих площ для їх розташування та необхідності облаштування відповідними напрямними засобами (рейками) для подавання об'єктів ремонту або побудови до місця знаходження цього

обладнання. Для більш ефективного використання виробничих площ, маневреності виробництва пропонується автоматизувати переміщення важких і габаритних вантажів за допомогою транспортерів на повітряних подушках (рис. 1), маневрування яких здійснюється за допомогою різних типів пультів дистанційного управління.



Рис. 1. Автоматизація транспортування на базі повітряної подушки:
а – транспортер на повітряній подушці; *б* – залізничний вагон; *в* – візок

Такі системи переміщення важких вантажів на базі повітряних подушок знайшли широке застосування за кордоном (Німеччина, Китай) під час виробництва та ремонту літаків, залізничних вагонів, вагонів метро, локомотивів, автомобілів, дизельних двигунів, трансформаторів тощо. Транспортери на повітряних подушках підіймають важкі об'єкти на тонкому прошарку повітря, запобігаючи тертю. Транспортування за допомогою транспортерів на повітряних подушках має такі переваги: переміщення у всіх напрямках і точне позиціонування; легка маневреність; зменшений знос підлоги; відсутність рейок або напрямних; тиха й плавна робота; чистий і безпечний робочий простір.

Для переміщення важких вантажів і обладнання можна застосовувати модульні системи повітряних подушок (рис. 2), які утворені чотирма або шістьма окремими модулями. Для максимальної стійкості модулі розміщуються під переміщуванним вантажем на якомога більшому віддаленні один від одного для рівномірного розподілу навантаження між ними.

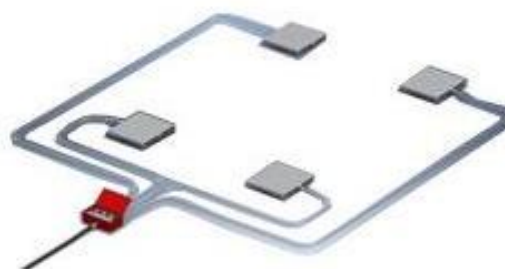


Рис. 2. Модульна система повітряних подушок

Модулі заповнюються стисненим повітрям до моменту відриву вантажу від підлоги. Тонкий прошарок повітря, сформований під кожним модулем, практично усуває сили тертя, що дозволяє важкому вантажу бути переміщеним і точно спозиціонованим з мінімумом зусиль.

Транспортери на повітряних подушках, що підтримують вантажі на тонкому прошарку повітря, – це універсальний спосіб переміщення важких предметів усередині виробничих приміщень.

АНАЛІЗ СИСТЕМ БОРТОВОГО ЖИВЛЕННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

O. Semenenko, M. Odiehov

ANALYSIS OF THE BOILER POWER SYSTEMS OF THE MECHANICAL DEPARTMENT OF RAILWAY

Велика кількість розробок систем живлення вагонів електропоїздів потребує провести аналіз схемних рішень, відокремити переваги та оцінити недоліки кожної з існуючих систем живлення електропоїздів постійного струму. На базі виконаного аналізу слід сформулювати вимоги до уніфікованого переліку

обладнання системи живлення та запропонувати її варіант, який забезпечує найвищу енергоефективність.

Пристрої для живлення бортових споживачів спільно з електричними пристроями, що здійснюють передачу електричної енергії до них, називаються бортовою системою живлення (БСЖ) (таблиця).

Таблиця

Номінальні параметри споживачів у системі електроживлення власних потреб електропоїздів постійного струму

Номер з/п	Споживач	Вагони електропоїздів	
		Номинал	Потужність
1	Ланки управління	=110 В (стаб)	1,5-2 кВт
2	Мотор-компресор	3x220 В	6 кВт
3	Мотор-вентилятори тягового устаткування	-	-
4	Кондиціонери кабін і салонів	3x220 В	8-12 кВт
5	Освітлення	220 В	2 кВт
6	Обмотки збудження	= 20 В (рег)	18 кВт

Перетворення електричної енергії високої напруги 3000 В постійного струму в електричну енергію низької напруги постійного або змінного струму є складним технічним завданням. Його складність пояснюється навіть не стільки неможливістю або технічною невизначеністю рішення, а й багатоваріантністю і неоднозначністю техніко-економічного оцінювання варіантів різних схемотехнічних рішень. Ці рішення відрізняються можливостями використання відомих і вже відпрацьованих на практиці концепцій перетворювальних пристроїв постійного струму, а також вимогами щодо якості перетвореної електричної енергії. До остан-

ніх належать стабілізація рівня вихідної напруги, забезпечення надійного захисту, забезпечення високого ККД перетворювача, масо-габаритні показники БСЖ.

З урахуванням вказаних вимог може бути сформульована інформаційно-системна база всіх можливих варіантів для аналізу структур, призначених для перетворення напруги контактної мережі постійного струму 3000 В у комплексний ряд напруг постійного та змінного струму для живлення допоміжного електрообладнання, ланок управління і освітлення електропоїздів. Як правило, ці структури є багатofункціональними, оскільки вони повинні реалізувати не лише функції

перетворення, а й також ряд інших важливих функцій, серед яких стабілізація, регулювання, гальванічна розв'язка, захист, забезпечення заданих електроенергетичних показників. Тому всі перетворювальні

структури доводиться виконувати багатоланковими з обов'язковим застосуванням розділового знижувального трансформатора. Нижче наведено обраний варіант перетворювача БСЖ (рисунок).

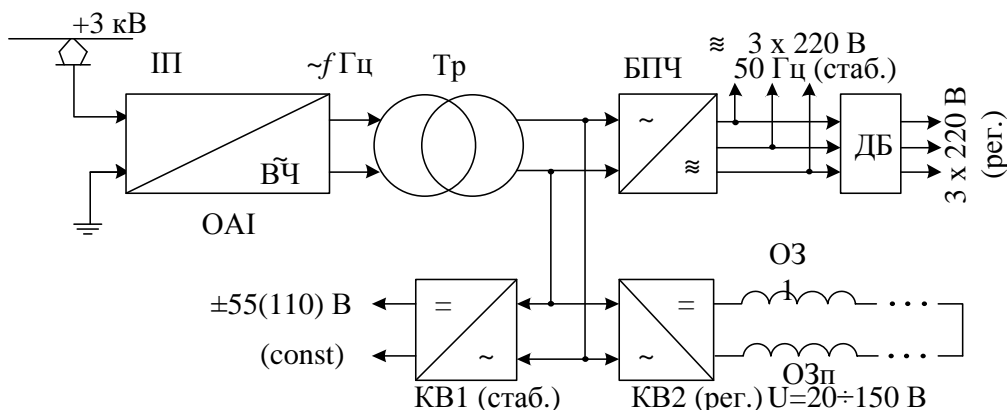


Рис. Схема перетворювача з проміжною ланкою змінного струму підвищеної частоти

У перетворювачі з проміжною ланкою змінного струму підвищеної частоти функції вхідної ланки виконує однофазний автономний інвертор (ОАІ) підвищеної частоти f , що дозволяє знизити масу трансформатора Тр. Подальше перетворення однофазної змінної напруги підвищеної частоти для живлення ланок

постійного струму здійснюється однофазними керованими випрямлячами КВ1-КВ2, а для ланок змінного струму – безпосередніми перетворювачами частоти БПЧ1 (для нерегульованих навантажень) і додатковим блоком ДБ – для регульованих навантажень (асинхронних двигунів допоміжного привода).

УДК 629.4-592

А. М. Сидоренко, С. І. Яцько, Я. В. Ващенко, Н. П. Карпенко

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГООБМІНУ В СИСТЕМІ ЧАСТОТОКЕРОВАНОВОГО ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З БОРТОВИМ НАКОПИЧУВАЧЕМ ЕНЕРГІЇ

A. Sidorenko, S. Yatsko, Y. Vashchenko, N. Karpenko

RESULTS OF ENERGY EXCHANGE RESEARCH IN THE SYSTEM OF A FREQUENCY-CONTROLLED TRACTION ASYNCHRONOUS ELECTRIC DRIVE WITH AN ONBOARD ENERGY STORAGE

Отримано результати дослідження на імітаційній моделі процесів енергообміну між системою енергопостачання і тяговим асинхронним електроприводом з бортовим накопичувачем енергії. Спираючись на

результати імітаційного моделювання, запропоновано схемне рішення тягового асинхронного електропривода з бортовим накопичувачем енергії та алгоритм керування енергообмінними процесами в

системі «тяговий електропривод – бортовий накопичувач», у тому числі з метою зниження нерівномірності споживання електроенергії з контактної

мережі. У якості ілюстрації наведено осцилограми роботи тягового асинхронного електропривода з бортовим накопичувачем енергії (рис. 1, 2).

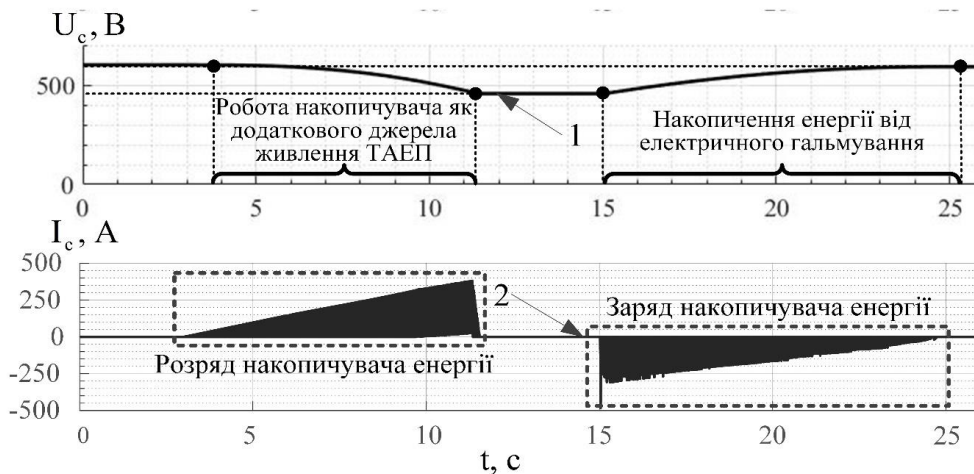


Рис. 1. Осцилограми протікання заряду й розряду бортового ємнісного накопичувача енергії: 1 – напруга на ємнісному накопичувачі енергії; 2 – струм ємнісного накопичувача енергії

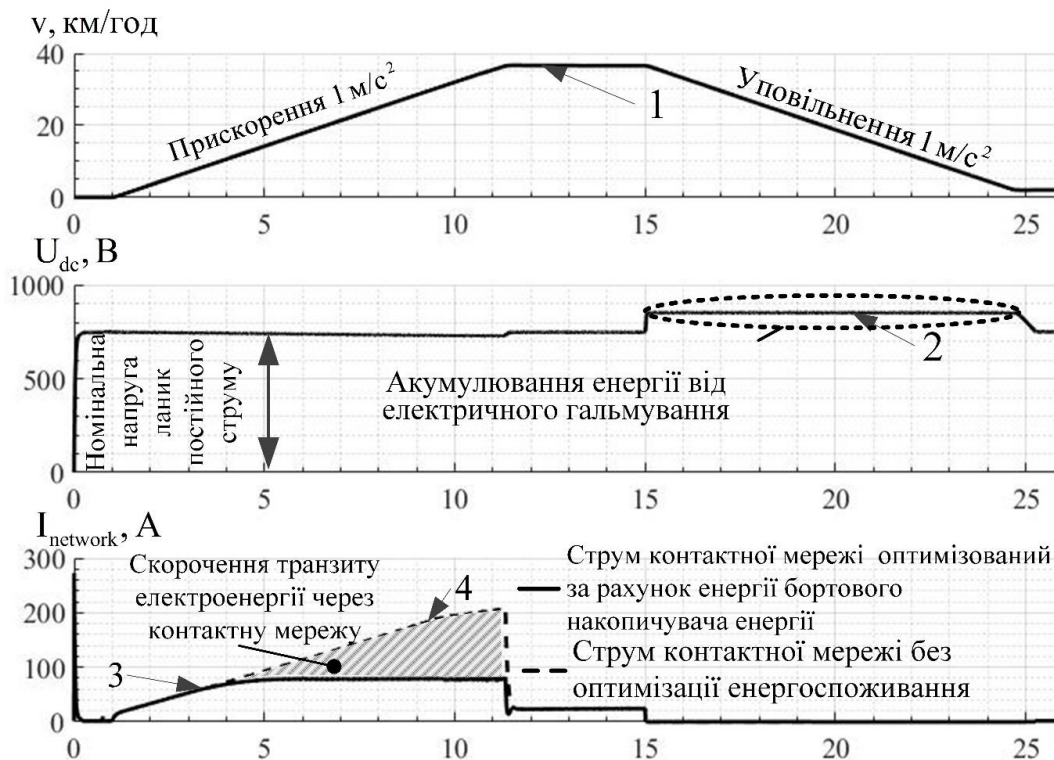


Рис. 2. Осцилограми роботи тягового асинхронного електропривода з бортовим накопичувачем енергії: 1 – фактична швидкість руху рухомого складу; 2 – напруга ланки постійного струму тягового перетворювача частоти; 3 – струм на вході тягового перетворювача частоти; 4 – струм на вході тягового перетворювача частоти в процесі оптимізації енергоспоживання з тягової мережі за рахунок накопиченої енергії гальмування

УДК 621.31:629.423.2

*С. І. Яцько, Н. П. Карпенко,
Я. В. Ващенко, А. М. Сидоренко*

РОЗРОБЛЕННЯ ЛІНЕРИЗОВАНОГО МЕТОДУ НАЛАШТУВАННЯ ВЕКТОРНОЇ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

*S. Yatsko, N. Karpenko,
Y. Vashchenko, A. Sidorenko*

DEVELOPMENT OF THE LINERIZED METHOD FOR TUNING VECTOR SYSTEM OF TRACTION ASYNCHRONOUS DRIVE

Найбільш ефективним методом керування швидкістю асинхронного двигуна при забезпеченні високого рівня динамічних характеристик залишається принцип векторного керування, вперше запропонований Блашке.

У той час як метод векторного контролю є зрозумілим, і його застосування успішно реалізовано за рахунок використання доступних на сьогодні мікропроцесорів високої швидкодії, зазвичай визнається, що процес налаштування такої системи залишається досить складним. Це відбувається переважно через складний характер внутрішньої динаміки асинхронного двигуна, викликані нелінійностями і перехресними зв'язками, характер зміни яких безпосередньо впливає на систему керування.

У роботі розглянуто векторне керування асинхронного електропривода – метод, за допомогою якого складна нелінійна структура асинхронної машини з короткозамкненим ротором може бути контрольована лінійним способом.

Для здійснення теоретичного аналізу проведено заміну математичних рівнянь, що описують асинхронний двигун, за допомогою структурної блок-схеми або у функціональній формі еквівалентного представлення. Завдяки цьому отримана можливість з розрахунку регуляторів, що застосовуються у векторній системі керування.

Необхідний внутрішній контроль асинхронного двигуна здійснено шляхом застосування швидкодіючого керування вхідних фазних струмів, для чого виконана лінеаризація і розчіплювання внутрішньої структури машини. Після цього продемонстровано налаштування параметричним методом регуляторів швидкості та потокозчеплення для керування зовнішніми контурами.

Змодельована результуюча структура керування вказує на ефективність підходу зі зниження порядку моделі асинхронного двигуна векторної системи керування до керованої лінійної структури.

Секція
РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ОБСЛУГОВУВАННЯ І
РЕМОНТУ РУХОМОГО СКЛАДУ

УДК 504:629.424.2

О. І. Акімов, Ю. О. Акімова, Д. Л. Сушко

МЕТОДИКА ОЦІНЮВАННЯ ШКІДЛИВИХ ВИКИДІВ ТЕПЛОВОЗІВ
І ДИЗЕЛЬ-ПОЇЗДІВ

A. Akimov, U. Akimova, D. Sushko

METHODOLOGY FOR ESTIMATING EMISSIONS FROM DIESEL LOCOMOTIVES
AND DIESEL TRAINS

Останнім часом збільшилася увага світової спільноти до чистоти повітря, а також продовжується дискусія про доцільність заміни тепловозної тяги на електричну. Крім того, залізничний транспорт ще не може повністю обійтися без тепловозів. Ці проблеми стосуються й України. Тому постає питання про оцінювання шкідливих викидів тепловозів.

Для визначення величини викидів у навколишнє середовище пропонується розрахувати тижневий пробіг за окремими маршрутами:

$$L_T = n_{T,M,\Lambda} \cdot S, \quad (1)$$

де n – кількість поїздів;

S – шлях;

T, M, Λ – індекси відповідно тижня, маршрута, серії локомотива.

Річний пробіг L_p , км/р., визначається спрощено як $52L_T$.

Тоді, знаючи питому кількість викидів на одиницю маси дизельного пального та його витрат, можна визначити обсяг шкідливих викидів.

При цьому вводиться термін «лінійне джерело». Для його визначення ділянки слід поділити на відрізки довжиною 1 км. Окремі маршрути, починаючи від пункту відправлення, позначають послідовно один за одним. Там, де ці маршрути накладаються, виникає додаткове лінійне джерело.

Показано, як розраховувати викиди для лінійного джерела на кожен кілометр і їхню загальну величину.

Суттєвим моментом під час цих розрахунків є оцінювання помилок. У роботі зроблено допущення, що помилки вихідних даних можуть бути частково компенсовані, тоді їхню величину при визначенні викидів беруть за законом Гаусса як середню помилку.

Таким чином, опрацьовано методику оцінювання шкідливих викидів тепловозів і дизель-поїздів з використанням даних про сумарні пробіги локомотивів, яка забезпечує достатній рівень точності. Запропоновано також для повного уявлення про ситуацію з викидами урахування сортувальної роботи локомотивів на станціях.

**ОСНОВИ ЗАСТОСУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЛІТІЄВИХ
АКУМУЛЯТОРНИХ БАТАРЕЙ У ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНАХ**

**BASICS OF ENERGY-EFFICIENT LITHIUM BATTERIES APPLICATION FOR
RAILWAY VEHICLES**

У наш час основним джерелом електричної енергії автономної або змішаної системи електропостачання пасажирського вагона є генератор, що приводиться до обертання редуктором від осі колісної пари. Акумуляторні батареї використовуються лише як резервне та аварійне джерело живлення у всіх типах пасажирських вагонів. У той же час генераторні системи енергозабезпечення вагонів мають суттєві недоліки:

- висока собівартість електроенергії, що виробляється генератором;
- створення додаткового опору руху поїзда;
- невисока експлуатаційна надійність приводів генераторів;
- необхідність в окремих підрозділах з технічного обслуговування та ремонту генераторів і їх приводів та ін.

Нами проведено дослідження щодо можливості використання нових енергоефективних літій-іонних (Li-Ion) акумуляторних батарей для живлення електрообладнання пасажирських вагонів. Застосування батарей розглянуто на прикладі літій-іонних модулів електромобіля Nissan Leaf, який на сьогодні є найбільш масовим в Україні та світі. Орієнтовний розрахунок кількості модулів літій-іонної батареї вагона для формування ємності 120 кВт*год та схема з'єднання окремих модулів у секції наведені на рисунку.

Таким способом із модулів літій-іонної батареї можна сформувати необхідну ємність для пасажирських вагонів різних типів і систем

енергозабезпечення. Пропонована літій-іонна акумуляторна батарея вагона повинна мати конфігуровану конструкцію (freely configurable battery packs) з можливістю оперативної зміни кількості модулів для формування потрібної ємності при штатній величині вихідної напруги.

Як альтернативу класичному вагону-електростанції для централізованого електропостачання поїзда доцільно запропонувати вагон – акумуляторний зберегувач електроенергії (batterystorage), що замість дизель-генераторних установок містить літій-іонні акумуляторні системи зберігання електроенергії.

Враховуючи викладене вище, можна виділити два основні підходи щодо впровадження Li-Ion батарей на вагонах:

1. Акумуляторні батареї високої питомої енергоємності використовуються як основне джерело живлення в безгенераторних (перспективних) системах енергозабезпечення вагонів.

2. Акумуляторні батареї високої питомої енергоємності використовуються як резервне джерело живлення в усіх типових (традиційних) системах енергозабезпечення вагонів.

На основі проведеного аналізу та розрахунків нами були зроблені такі висновки:

- при застосуванні першого підходу повністю ліквідується необхідність використання на вагонах генераторів і їх приводів;
- при застосуванні другого підходу маса електричного обладнання вагона зменшується від 500 до 1500 кг.



Рис. Визначення кількості модулів у літій-іонній батареї вагона

УДК 681.518:629.488

І. Д. Борзилов

ШЛЯХИ РІШЕННЯ ПРОБЛЕМ ЩОДО ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ВАГОНІВ

І. Borzilov

WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS ON MAINTENANCE AND REPAIR OF CARS

Проблеми, які існують у системі технічного обслуговування та ремонту вагонів, можна визначити такими об'єктивними причинами:

- недосконалість моніторингу технічного стану вагонів для відстеження, прогнозування і запобігання різним аварійним ситуаціям і відсутність оцінки його впливу на безпеку руху поїздів;

- недостатнє забезпечення системи технічного обслуговування та ремонту вагонів методами і засобами діагностування (контролю) для зниження експлуатаційних витрат;

- відсутність практичних методів оцінювання і прийняття рішень обслуговуючим персоналом у конфліктних ситуаціях,

що виникають у процесі технічного обслуговування та ремонту вагонів;

- відсутність умов для залучення інвестицій, необхідних для оновлення та модернізації виробничо-технічної бази вагонного комплексу залізниць.

Вирішити існуючі проблеми щодо технічного обслуговування та ремонту вагонів можна лише на підставі:

- наукових обґрунтувань і впровадження засобів технічної діагностики та інформаційних технологій;

- своєчасної постановки вагонів у ремонт і додаткової їх діагностики на вагоноремонтних підприємствах;

- вибору обладнання та матеріалів, які забезпечують необхідну якість ремонту вагонів.

Останніми роками в системі технічного обслуговування та ремонту вагонів накопичено позитивний досвід з ефективного застосування та розвитку інформаційних технологій і засобів технічної діагностики. Разом з тим є потреба об'єднання різних інформаційних технологій і систем технічної діагностики з метою удосконалення їх функціонування за одним загальним критерієм, тобто зменшення частки несправних вагонів і підвищення інвестиційної привабливості вагонного комплексу АТ «Укрзалізниця».

У процесі створення інформаційної технології контролю та діагностування вузлів вагонів необхідне використання інформаційно-вимірювальних комплексів; інтеграція АСУВ з засобами технічної діагностики (ЗТД) на ходу поїзда і системою вбудованих у конструкцію деталей і вузлів вагона радіотехнічних інтелектуальних кодових бортових датчиків для швидкого інформування та усунення випадків відмови або пошкодження вузла вагона. Тільки об'єднавши всі об'єкти в єдиний

інформаційний комплекс, з'явиться можливість контролювати технічний стан вагонів у повному обсязі на мережі АТ УЗ.

Автоматизовані діагностичні комплекси контролю технічного стану вагона на ходу поїзда повинні виявляти такі несправності вагонів: контроль температури буксового вузла та загальмованих коліс; контроль волочіння; контроль габаритних розмірів вагонів; контроль дефектів колеса по колу кочення; контроль геометричних параметрів колеса; контроль технічного стану автозчепного пристрою та автогальмівного обладнання і таке інше.

Проведено аналіз стану щодо розроблення та використання нових засобів контролю і технічного діагностування вузлів вагонів у нашій країні та за кордоном з урахуванням виявлення ними відмов або пошкоджень. На підставі цього аналізу в якості конкретних автоматизованих діагностичних систем визначено комплекс ЗТД, які можуть застосовуватися для контролю та діагностування технічного стану деяких вузлів вагонів (рисунок).

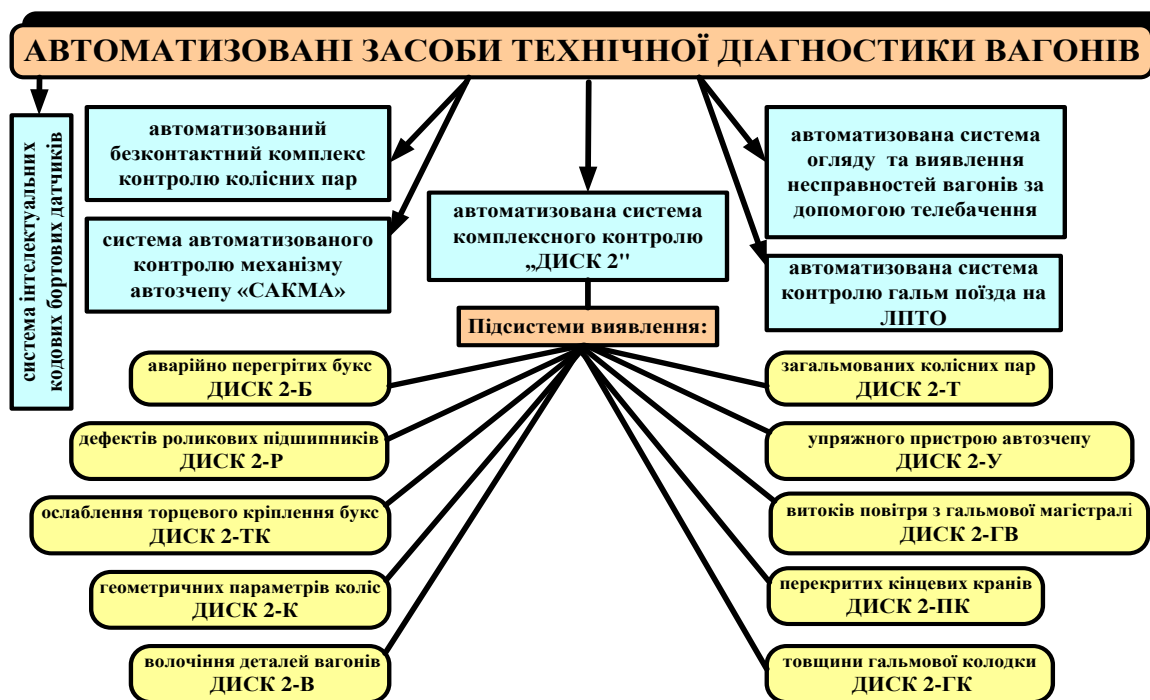


Рис. Комплекс засобів технічного діагностування вагонів

Р. І. Візняк, В. В. Бондаренко, Д. І. Скуріхін

ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ І ПОКРАЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПІДВАГОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ З РЕДУКТОРНО-КАРДАНИМ ПРИВОДОМ

R. Visnyak, V. Bondarenko, D. Skurikhin

THE WAYS TO INCREASE SAFETY AND IMPROVE THE OPERATION OF THE UNDERCAR GENERATOR WITH A GEAR-DRIVE

Редукторно-карданні приводи електрогенераторів від середньої частини осі встановлюються на пасажирських вагонах, які обладнані системами кондиціонування повітря, а також вагонах-ресторанах. Напрямок обертання і відповідно крутний момент передається редуктором на

карданний вал і послідовно муфту зчеплення та якоря мотор-генератора (перетворювача).

Конструкційне виконання типового редукторно-карданного привода підвагонного генератора пасажирського вагона наведено на рис. 1.

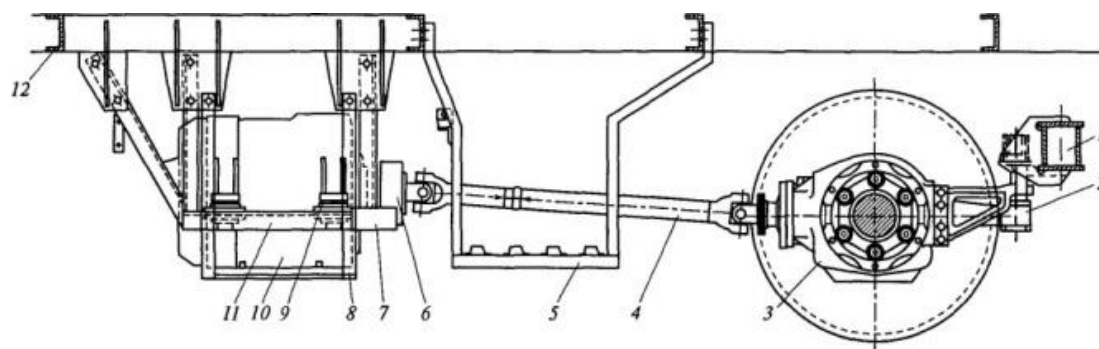


Рис. 1. Привод з редуктором:

1 – рама візка; 2 – опора; 3 – редуктор; 4 – карданний вал; 5 – пристрій карданного вала, що уловлює; 6 – гумометалева муфта; 7 – запобіжний пристрій; 8 – запобіжна скоба; 9 – гумо-металеві опори генератора; 10 – генератор; 11 – кронштейн підвіски генератора; 12 – рама кузова вагона

Під час руху, особливо з підвищенням швидкості, виникають поштовхи та вібрації на перетворювач, послаблення болтових з'єднань поміж муфтою карданного вала та якорем і перекося опорних елементів зварної підтримуючої рами. Тому в місцях з'єднання деталей привода, як багатомасової системи, виникає ексцентриситет зміщення мас і дисбаланс ланцюгового типу, що неминує породжує вимушені коливання значних за знаком амплітуд, і, як наслідок, непрогнозовані зноси в експлуатації зі зменшенням технічного

ресурсу генератора. Гострою проблемою, вочевидь, є збереження і покращення експлуатації діючих підвагонних генераторів з приводом редукторно-карданного типу, що вирішується застосуванням новітнього технологічного обладнання для динамічного балансування валів типу ТРКП і МАБ-П у загальній системі електрообладнання пасажирських вагонів. Загальний вигляд вузла поєднання вала з перетворювачем через муфту і пристосування для балансування наведено на рис. 2.

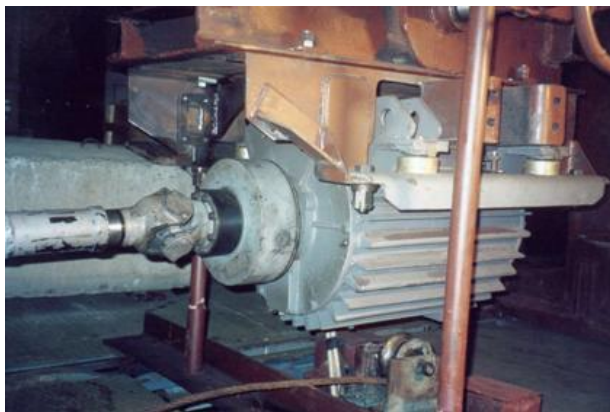


Рис. 2. Загальний вигляд стенда в робочому стані

За принципом дії вибираються площини корекції (конструкційні і технологічні ознаки валів), перпендикулярні до осі обертання, відносно яких додаються або знімаються коригувальні маси. Величину і кутове положення мас визначають вимірюванням дисбалансу. Коливання стійок, що викликані обертанням неврівноваженого ротора, передаються датчикам. Датчики створюють п'єзоелектричний сигнал – сигнал дисбалансу, частота якого дорівнює частоті обертання вала, що балансується, амплітуда – пропорційна амплітуді коливань стійки, тобто величині дисбалансу, а фаза визначається місцеположенням неврівноваженої маси. Через фотодатчик зі світлодіодом і

фототранзистором проходить світловий потік, що відбивається від поверхні і сприймається через контрастну мітку. Одночасно подається імпульсний сигнал, що поступає в електронний пристрій, і синхронізується робота засобів аналізу сигналів, що поступають від датчиків вібрації. Після корекції дисбалансу вал знову діагностується для контролю. Удосконалення технічних характеристик при застосуванні резонансно-балансувального принципу дії значно впливатиме на забезпечення збереження елементів вузлових з'єднань привода та перетворювача і покращення їх експлуатації, що спрямовано на підвищення безпеки руху поїздів, особливо у сполученні з прискореним рухом.

УДК 669.056.9

Л. В. Волошина

РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧА ТЕХНОЛОГІЯ ФОРМУВАННЯ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА ДЕТАЛЯХ РУХОМОГО СКЛАДУ

L. Voloshyna

RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY FORMING OF WEAR-RESISTANT COATINGS ON THE DETAILS OF THE ROLLING STOCK

У процесі експлуатації техніка виходить з ладу внаслідок зносу вузлів тертя, які втрачають свої вихідні властивості, що веде до відмови механізму

в цілому. У більшості випадків руйнується тільки робоча поверхня деталі, яку можна захистити формуванням зносостійких шарів зі спеціальними властивостями. Тому

розроблення технологій підвищення експлуатаційних властивостей деталей і вузлів транспортного призначення при їх виготовленні та відновленні є актуальною проблемою.

Існуючі технології захисту поверхонь тертя масляних шестеренчастих насосів не задовольняють повністю експлуатаційні вимоги до деталей, де незначний знос викликає збій у роботі вузла і навіть системи мащення, до якої він конструкційно входить, викликаючи таким чином масляне «голодування» двигуна.

Тому актуальним є розроблення нових підходів, які полягають у тому, щоб застосовувати термічну обробку і хіміко-термічну обробку в одному технологічному циклі, а також будуть забезпечувати екологічну чистоту технологічного процесу, не потребуватимуть складного обладнання. До таких технологічних процесів належать формування багат шарових покриттів на основі окислення.

Сутність формування багат шарових покриттів на основі технологічного процесу окислення полягає в тому, що залежно від умов експлуатації деталей для обробки підбираються солі, до складу яких входять різні хімічні елементи. З цих солей готується водний розчин, який застосовується при проведенні гартування та високого відпускання, для покращення експлуатаційних властивостей поверхневих шарів деталей тертя.

Для встановлення залежностей між параметрами технології нанесення покриттів із пароголового середовища та експлуатаційними властивостями покриття: зносом, коефіцієнтом тертя, товщиною покриття, було виконано множинний регресійний аналіз за допомогою програми Statistica. Основними параметрами технологічного процесу нанесення покриттів із пароголового середовища є температура обробки деталей, концентрація солі у водному розчині та час витримки в насичувальному середовищі. Від цих параметрів залежить формування

поверхневого шару, а також його експлуатаційні властивості. Технологічні параметри процесу обробки деталей варіювалися в таких межах: концентрація (С) алюмохромфосфатної солі (АХФС) у насичувальному середовищі в межах 2–20 %; час витримки деталей (τ) у насичувальному середовищі від 10 до 100 хв; температура (t) насичувального середовища змінювалася від 250 до 700 °С.

Для підтвердження результатів дослідження були виготовлені зразки з матеріалів пар тертя масляного шестеренчастого насоса та оброблені за запропонованою технологією. Обробка поверхні матеріалів здійснювалася перегрітою парою водного розчину АХФС концентрацією 10 % при температурі 600±20 °С, час витримки в насичувальному середовищі склав 40 хв з наступним охолодженням в маслі. Зразки пройшли лабораторні та експлуатаційні випробування. Результати випробувань показали, що припрацювання деталей з такими покриттями відбувається в 2–3 рази швидше, також одержали стабільне значення коефіцієнта тертя протягом випробувань, температура масла в зоні контакту не змінювалася.

Металографічні дослідження зразків проводилися за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3 та мікроскопа НЕОРНОТ 2 на прямих і косих шліфах до травлення поверхні та після. Рентгеноспектральний аналіз зразків проводився на сканувальному вакуумному кристал-дифракційному спектрометрі «Спрут-В» в діапазоні довжин хвиль 0,4÷11 Å.

Обробка деталей масляного насоса в пароголового середовищі водного розчину АХФС має такі переваги: підвищення зносостійкості пар тертя за рахунок утворення на поверхні деталей аморфних структур, оксидів (Fe_2O_3) і шпінелей (Fe_3O_4); скорочення періоду припрацювання пари тертя; значне скорочення часу на обробку деталі порівняно з традиційними технологіями

ХТО; забезпечення дифузійного насичення у важкодоступних місцях; відносно невелика собівартість, ресурсозбереження і екологічна чистота завдяки низькій концентрації насичувальних елементів.

Таким чином, запропонована ресурсозберігаюча технологія формування зносостійких покриттів дозволяє покращити експлуатаційні властивості деталей транспортного призначення,

зокрема масляного шестеренчастого насоса, а застосування технологічного процесу формування зносостійких покриттів на основі окислення дає можливість застосування різних хімічних речовин, які розчинні у воді, і використання для формування покриттів заданої структури і з певними властивостями, які визначаються виходячи з умов експлуатації деталей транспортного призначення.

УДК 629.463.125

В. М. Іщенко, Н. С. Брайковська

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ РЕФРИЖЕРАТОРНИХ ВАГОНІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ АЛЬТЕРНАТИВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА

V. Ischenko, N. Braikovska

STUDY OF THE CHARACTERISTICS OF REFRIGERATION EQUIPMENT OF REFRIGERATOR CARS WHEN USING ALTERNATIVE REFRIGERANT

Найважливішим завданням діяльності залізничного транспорту є масове перевезення вантажів і пасажирів.

Складовою залізничного транспорту є рефрижераторний рухомий склад, який забезпечує перевезення швидкопсувних вантажів.

Відповідно до рішень Монреальського протоколу та інших міжнародних домовленостей щодо речовин, які руйнують озоновий шар, холодинний агент хладон 12 (R12), який застосовується в холодинному обладнанні рефрижераторних вагонів протягом багатьох років, визнаний озоноруйнуючою речовиною і його виробництво і використання в наш час заборонено.

У ситуації, що склалась, актуальним є не тільки вирішення наукового завдання щодо забезпечення працездатності, але й підвищення ефективності функціонування рефрижераторних вагонів при їх експлуатації на альтернативному R12 холодоагенті.

Це викликає необхідність проведення досліджень характеристик холодинного обладнання для удосконалення процедури регулювання та діагностування холодинної машини при застосуванні альтернативного холодинного агента. Інтегральною оцінкою технічного стану холодинного обладнання є зовнішні характеристики холодинної машини, залежність холодопродуктивності Q_0 та потужності N_e , що споживається, від температур кипіння t_0 та конденсації t_k холодинного агента, тобто $Q_0 = f(t_0; t_k)$ та $N_e = f(t_0; t_k)$. Основною зовнішньою характеристикою холодинної машини є холодопродуктивність.

Враховуючи наявність температурного глайда в альтернативному холодинному агенті АСТРОН-12, що зараз застосовується в холодинному обладнанні рефрижераторних вагонів, температуру конденсації t_k визначають як середню температуру між температурою точки роси

при постійному тиску конденсації і температурою рідини на виході з конденсатора. Температуру кипіння t_0 визначають як середню температуру між температурою точки роси при постійному тиску кипіння і температурою, при якій холодильний агент потрапляє у випарник. За наявності температурного глайда альтернативного холодильного агента для оцінювання нестационарних процесів охолодження швидкопсувних вантажів використовуємо вид залежності холодопродуктивності від тиску кипіння p_0 і тиску конденсації p_k , тобто $Q_0 = f(p_0; p_k)$.

Для встановлення цієї залежності застосовується енергетична модель «холодильна установка – вантаж – кузов рефрижераторного вагона – навколишнє середовище». У цій енергетичній моделі кожний елемент розглядається як ланка єдиного постійно взаємодіючого енергетичного ланцюга.

Для комп'ютерного моделювання залежності холодопродуктивності холодної машини $Q_0 = f(p_0; p_k)$ розроблена математична модель на основі виразу об'ємної продуктивності.

Для компресора 2ФУУБС-18 холодної машини типу ВР-1М 5-вагонової рефрижераторної секції 5БМЗ математична модель з розрахунку холодопродуктивності визначається рівнянням

$$Q_0 = \left(0,855 - 0,0425 \frac{P_k}{P_0} \right) \cdot V_h \cdot \frac{i_1 - i_4}{g_1} \quad (1)$$

При комп'ютерному моделюванні застосовано рівняння (1), що дозволило встановити значення холодопродуктивності компресора в широкому діапазоні зміни тиску кипіння p_0 залежно від різних значень тиску конденсації p_k та побудувати графік $Q_0 = f(p_0; p_k)$.

Результати моделювання подано на рисунку.

Порівняльний аналіз отриманих значень залежностей $Q_0 = f(p_0; p_k)$ з дійсними робочими параметрами холодної машини дозволяє удосконалити процедуру регулювання та діагностування холодної обладнання рефрижераторних вагонів при експлуатації на альтернативному холодному агенті АСТРОН-12 марки «А».

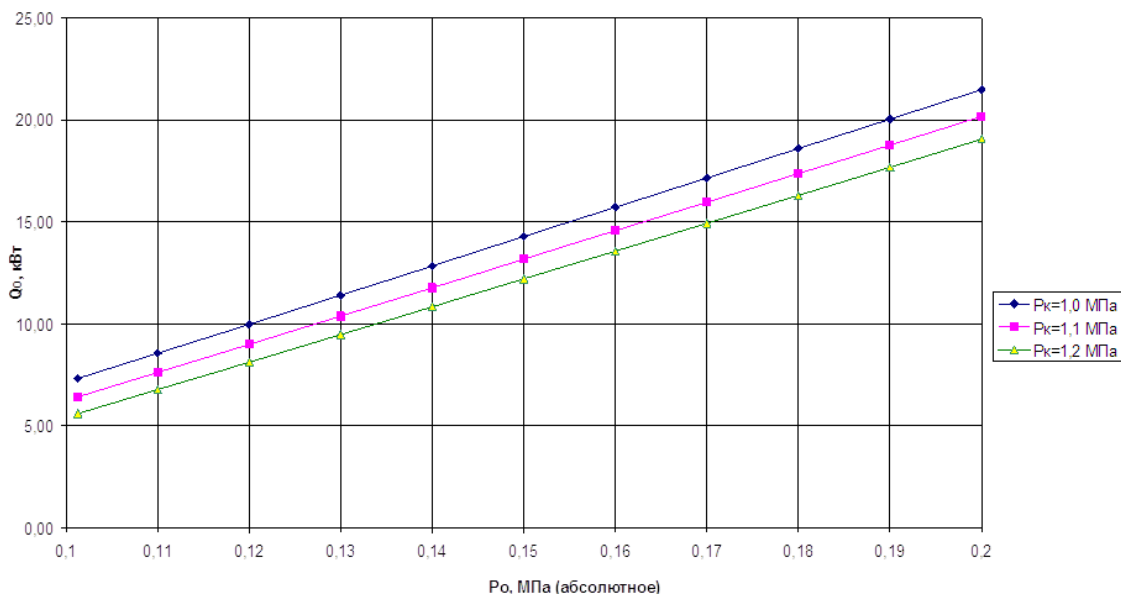


Рис. Графік залежності холодопродуктивності компресора 2ФУУБС-18 від тиску кипіння та конденсації холодної агента АСТРОН-12 марки «А»

РОЗВИТОК МЕТОДИЧНИХ ОСНОВ ВІДПОВІДНОСТІ ТЕПЛОТЕХНІЧНИМ ВИМОГАМ КРИТИХ ВАГОНІВ З ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ В ПРОЦЕСІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

V. Osmak

DEVELOPMENT OF METHODOLOGICAL BASES OF CONFORMITY WITH THERMAL ENGINEERING REQUIREMENTS OF CRYSTAL WAGONS WITH HEAT INSULATION IN THE TRANSPORT PROCESS

Для підвищення ефективності використання критичних вагонів з теплоізоляцією в умовах, коли змінюються номенклатура, спосіб та об'єми перевезення вантажів, відбувається покращення теплозахисних якостей кузова. У наш час критичний вагон з теплоізоляцією є найбагаточисельнішою складовою ізотермічного рухомого складу, що забезпечує перевезення вантажів, які потребують при транспортуванні захисту від атмосферного впливу та різких перепадів температур навколишнього середовища. Такий тип вагонів, на відміну від вагонів-рефрижераторів, не має холодильно-опалювальної установки, що підтримує температурний режим перевезення вантажу на шляху прямування. Вирішальна роль у цьому випадку належить теплоізоляції. Шар теплоізоляції має великий термічний опір, який різко зменшує зовнішні теплонадходження та дає можливість тривалий час підтримувати у вагоні необхідні температурно-вологісні умови. Достатньо розвинута по товщині та об'єму теплова ізоляція перешкоджає повітрообміну з навколишнім середовищем, що також зменшує теплонадходження у вантажне приміщення вагона.

Важливу роль у забезпеченні ефективного використання вагонів відіграє якісне і ефективне оцінювання їхніх теплотехнічних показників в умовах експлуатації. У процесі експлуатації змінюються теплотехнічні властивості ізоляції та герметичності кузова вагона. Важливо, що після тривалої роботи і планових видів ремонту вагон набуває достатньо різко виражених індивідуальних теплотехнічних показників і характеристик. Контроль відповідності нормам здійснюється на етапах до введення в експлуатацію, періодично і в будь-який час за вимогою компетентного органу.

Складання та ведення технічного паспорта транспорту з теплотехнічними показниками кузова вагона є зовсім непростим завданням, яке потребує відповідних рішень як на організаційному, технічному, так і методичному рівні. Удосконалення методів експериментального визначення параметрів теплотехнічного стану критичних вагонів з теплоізоляцією та впровадження теплотехнічної паспортизації буде сприяти суттєвому підвищенню ефективності використання вагонів в умовах експлуатації.

**СТВОРЕННЯ ТА ВПРОВАДЖЕННЯ В УКРАЇНІ СУЧАСНОГО
МОТОРВАГОННОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ
ШВИДКІСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ**

О. Safronov

**CREATION AND INTRODUCTION OF MODERN MOTOR DRIVEN RAILWAY
ROLLING STOCK FOR HIGH-SPEED PASSENGER TRAFFIC IN UKRAINE**

Географічне розташування України якнайкраще придатне для формування мережі швидкісних маршрутів для перевезення пасажирів сучасними поїздами. Відстань між основними культурними та адміністративними містами країни знаходиться в діапазоні 500-700 км, що є оптимальним для такого виду перевезень пасажирів. При швидкості на маршруті до 160 км/год таку відстань можна подолати за 5-6 год, що у свою чергу дає можливість у денний час виконати рейси до пункту призначення та повернутися до пункту відправлення, при цьому забезпечується висока мобільність пасажирів. Також значно зменшується кількість обслуговуючого персоналу при

одночасному збільшенні пасажирів у вагоні приблизно у 2-2,5 разу.

У період з 2010 по 2015 роки ПАТ «Крюківський вагонобудівний завод» (ПАТ «КВБЗ») спільно з науковими організаціями, машинобудівними підприємствами України виконано роботи зі створення та освоєння виробництва в Україні нової лінійки сучасного моторвагонного рухомого складу для здійснення швидкісних перевезень пасажирів, а саме міжрегіональні двосистемні електропоїзди ЕКр1 та дизельпоїзда ДПКр-2 (рисунок). Вищевказаний рухомий склад з успіхом експлуатується на залізницях України і користується заслуженою популярністю у пасажирів.



Рис. Загальний вигляд електропоїзда ЕКр1 (справа) і дизельпоїзда ДПКр2 (зліва)

У вітчизняному машинобудуванні не було необхідного досвіду щодо розроблення такого рухомого складу, що у свою чергу потребувало неординарних конструкторських рішень, проведення цілої

низки науково-дослідних робіт, теоретичних досліджень, випробувань матеріалів і дослідних зразків, розроблення нових технологій. Лише за 1,5 року фахівцями ПАТ «КВБЗ» спільно з вітчизняними

машинобудівними підприємствами, науковими організаціями та закордонними партнерами було виготовлено два електропоїзди, один з яких розрахований для можливості експлуатації зі швидкістю 200 км/год.

Колективом авторів виконано великий обсяг робіт: розроблено основні схеми та розрахунки для побудови сучасного моторвагонного транспортного засобу з електричною та дизель-моторною тягою, створено кузови, ходові частини, разом з організаціями-співвиконавцями розроблено комплектуючі та системи, які забезпечили їх працездатність – все це дозволило створити сучасні транспортні засоби, які за показниками комфорту, якості та безпеки відповідають європейським і світовим вимогам.

Сьогодні в Україні здійснено виробництво транспорту соціального призначення, яке цілком може забезпечити потреби України без придбання такої продукції за імпортом. Починаючи з 18.06.2014 року впроваджено в комерційну експлуатацію два двосистемні міжрегіональні поїзди мод. ЕКр1 та з 01.10.2015 року один дизель-поїзд ДПКр-2. Станом на 14.03.2019 року пробіг кожного електропоїзда ЕКр1 перевищує 1 500 000 км, а дизель-поїзда більш ніж 600 тис. км пробігу.

Економічний ефект від впровадження нової техніки оцінюється для електропоїзда ЕКр1 за призначений строк служби до списання (50 років) 1 млрд 40 млн грн на 2 електропоїзди. Для дизельпоїзда ДПКр-2 за період експлуатації (2015-2018 роки) економічний ефект досягає 3 млн грн.

14.03.2019 року на засіданні науково-технічної ради ДП «УкрНДІВ» було відзначено вагомий внесок авторського колективу у створення та впровадження в Україні сучасного моторвагонного складу, розглянуто питання висунення цієї роботи на здобуття державної премії в галузі науки і техніки, а за результатами засідання ця робота була подана в Комітет з державних премій України в галузі науки і техніки.

З огляду на вищезазначене пропонується підтримати колектив авторів у складі Крамаренка М. В. – технічного директора ПАТ «КВБЗ», Лутоніна С. В. – заступника технічного директора ПАТ «КВБЗ», Гречкіна О. А. – головного конструктора моторвагонного рухомого складу ПАТ «КВБЗ», Локтіонова Д. В. – головного конструктора пасажирських вагонів локомотивної тяги ПАТ «КВБЗ», Шиша В. О. – директора Департаменту технічної політики АТ «Укрзалізниця», Сафронова О. М. – к. т. н., директора ДП «УкрНДІВ», Кострицю С. А. – к. т. н., директора Науково-дослідного інституту транспортних систем і технологій, доцента кафедри «Теоретична та будівельна механіка» ДНУЗТ імені академіка В. Лазаряна, Бушуєва В. В. – генерального директора НВП «ХАРТРОН-ЕКСПРЕС ЛТД» і підтримати саму роботу «Створення та впровадження в Україні сучасного моторвагонного рухомого складу залізниць для здійснення швидкісних перевезень пасажирів» щодо здобуття Державної премії України в галузі науки і техніки за 2018 рік.

РЕЗЕРВИ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ НА РУХОМОМУ СКЛАДІ МЕТРОПОЛІТЕНУ З СИСТЕМАМИ РЕКУПЕРАЦІЇ

А. Сулым

ENERGY SAVING RESERVES ON METRO ROLLING STOCK WITH RECOVERY SYSTEMS

Метрополітен є одним з найважливіших засобів забезпечення мобільності населення великих міст. У зв'язку з постійним підвищенням кількості транспортних засобів у містах з населенням більше 1 млн осіб тільки метрополітен здатний вирішити проблему мобільності населення. Однак за наявності ряду позитивних якостей метрополітену, таких як забезпечення високої мобільності, екологічність, збереження архітектури міста, має місце і негативний фактор – значне споживання електроенергії. Тому починаючи з впровадження перших метрополітенів ведуться роботи зі зменшення витрат електроенергії на тягу метрополітену.

На разі за результатами ряду теоретичних і практичних досліджень відомо, що основними заходами з енергозбереження є впровадження на рухомому складі асинхронного привода, мікропроцесорних систем управління, систем рекуперації. Впровадження зазначених заходів дозволяє скоротити до 40 % електроенергії, що витрачається на тягу рухомим складом метрополітену, а також у цілому зменшити енергоспоживання в метрополітені на 5–8 %. Однак за існуючої інфраструктури системи енергозабезпечення метрополітену використання електроенергії рекуперативного гальмування має імовірнісний характер. Як наслідок, існує проблема реалізації надлишкової електроенергії за умов відсутності споживачів в зоні рекуперації. Тому дослідження, направлені на

ефективне використання електроенергії рекуперативного гальмування, є досить актуальними.

Мета роботи – оцінювання кількості надлишкової електроенергії рекуперативного гальмування під час штатних умов експлуатації рухомого складу метрополітену з системами рекуперації для аналізу резервів енергозбереження.

Для аналізу резервів енергозбереження виконано експериментальні дослідження на Святошинсько-Броварській лінії КП «Київський метрополітен» під час типових штатних умов експлуатації рухомого складу з системами рекуперації протягом доби. Під типовими штатними умовами експлуатації розуміються такі режими: максимальне завантаження з дотриманням «непікового» та «пікового» графіків руху, номінальне завантаження з дотриманням «непікового» та «пікового» графіків руху, мінімальне завантаження (зайняті сидячі місця) з дотриманням «непікового» графіка руху. У якості дослідного рухомого складу обрано п'ятивагонний поїзд з асинхронним тяговим приводом, у якому головні вагони – безмоторні, проміжні – моторні.

Дослідження проведено з використанням вимірювальної системи, що встановлена на дослідному поїзді. Вимірювальна система розроблена спеціалістами ДП «УкрНДІВ» для дослідження енергообмінних процесів між контактною мережею та поїздом у реальних умовах його експлуатації. До складу вимірювальної системи входять

персональний комп'ютер, аналого-цифровий перетворювач, блок комутації, блок узгодження та вимірвальні датчики. Обробку даних на персональному комп'ютері здійснено за допомогою атестованого програмного забезпечення «ЕЛЕКТРО».

За результатами обробки даних експериментальних досліджень, що отримані під час типових штатних умов експлуатації рухомого складу з системами рекуперації між кінцевими станціями «Лісова–Академмістечко–Лісова», встановлено:

– залежно від штатної умови експлуатації кількість спожитої електроенергії на тягу змінюється в межах (328,9–579,0) кВт·год, кількість рекуперованої електроенергії до контактної мережі – у межах (59,21–119,2) кВт·год, кількість надлишкової електроенергії, що

розсіюється на резисторах у вигляді теплоти, – у межах (68,1–172,9) кВт·год;

– найбільші резерви енергозбереження спостерігаються під час «пікового» графіка руху з максимальною завантаженістю вагонів і складають 29,9 %; найменші під час «непікового» графіка руху та мінімальної завантаженості вагонів 20,2 %.

Висновки. Аналіз результатів розрахунково-експериментальних досліджень під час заданих типових умов експлуатації рухомого складу метрополітену з системами рекуперації між кінцевими станціями Святошинсько-Броварської лінії показав, що існують резерви енергозбереження на зазначеному рухомому складі за рахунок ефективного використання надлишкової електроенергії рекуперативного гальмування на рівні 20,2–29,9 %, що споживається на тягу.

УДК 006.07:629.4

А. О. Сулим, К. Ю. Холод, О. О. Федорак

ШЛЯХИ ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ, ПОВ'ЯЗАНИХ З ГАРМОНІЗАЦІЄЮ СТАНДАРТІВ У СФЕРІ ВАГОНОБУДУВАННЯ

А. Sulym, K. Kholod, O. Fedorak

SOLUTIONS TO SOLVING ISSUES CONCERNING THE HARMONIZATION OF STANDARDS IN RAILCAR-BUILDING FIELD

На сьогодні рівень гармонізації стандартів у рамках досить низкий порівняно з запланованим. Перш за все це пов'язано з тим, що роботи зі стандартизації фінансуються переважно за рахунок бюджетних коштів, наданих ЄС. За координацію цих робіт є відповідальним ДП «УкрНДНЦ».

За результатами аналізу чинних національних стандартів сфери вагонуобудування досліджено, що внаслідок гармонізації стандартів змінено вимоги як до виробництва продукції, так і контролю їхньої якості. На деяку продукцію

залізничного транспорту в Україні взагалі не діють технічні умови – ГОСТи до 1992 року відмінені, а гармонізовані стандарти не впроваджені. Унаслідок цього потужні промислові підприємства не мають можливості виробляти продукцію та зупиняються, а органи з оцінювання відповідності продукції протягом непередбаченого часу позбавлені права виконання робіт, на які акредитовані Національним агентством з акредитації України (НААУ), і можуть бути позбавлені акредитації, якщо не будуть демонструвати сталий досвід виконання робіт.

Мета роботи – надання пропозицій, направлених на вирішення проблеми, що склалася зі стандартами у сфері вагонобудування.

У роботі запропоновано такі шляхи вирішення, що мають надаватися виробниками, органами з оцінювання відповідності та споживачами до Міністерства економічного розвитку і торгівлі України:

✓ подовження терміну чинності ГОСТів до 1992 року, якщо новий не прийнято;

✓ спростити взаємодію між ДП «УкрНДНЦ» і технічними комітетами;

✓ впровадити єдину електронну програму гармонізації стандартів, що дозволить

переглядати проекти документів, відстежувати стадії їх розгляду та затвердження;

✓ розширення тендерних вимог гармонізації стандартів, мінімізувати акцент на цінову політику.

У свою чергу виробникам слід аналізувати проекти стандартів, щоб передбачити можливість переоснащення виробничих ліній, а органам з оцінювання відповідності – забезпечити проведення робіт з випробувань, інспектування, сертифікації продукції відповідно до встановлених вимог.

Висновки. Запропоновані шляхи дозволять підприємствам залишатися конкурентоспроможними та орієнтованими на європейський ринок.

УДК 656

М. В. Володарець, Д. І. Левченко

ОСОБЛИВОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕКУПЕРАТИВНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРИЧНОЮ ПЕРЕДАЧЕЮ ПОТУЖНОСТІ

М. Volodarets, D. Levchenko

FEATURES OF IMPLEMENTATION OF RECOVERY SYSTEMS FOR TRANSPORTATION WITH ELECTRICAL TRANSFER OF POWER

Ефективне використання паливно-енергетичних ресурсів на залізничному транспорті можливо за рахунок збільшення коефіцієнта корисної дії енергетичної системи та зменшення енергетичних втрат. Рекуперація енергії при експлуатації тягового рухомого складу є одним з найбільш раціональних шляхів енергозбереження. Так, для електрорухомого складу доволі ефективною є система накопичення електричної енергії в конденсаторах великої ємності на гальмових режимах (рекуперативне гальмування) з подальшим її використанням на розгінних і тягових режимах, а також накопичення електричної енергії додатково може здійснюватись при роботі дизель-генераторної установки на холостому режимі.

Ефективність використання рекуперативних систем зростає з підвищенням нерівномірності руху поїзда при частих гальмуваннях і прискореннях або при зміні напрямку руху. Враховуючи вищесказане, можна зробити висновок, що на залізничному транспорті найбільший ефект від використання системи рекуперації електричної енергії може бути отриманий для електропоїздів, де спостерігається найбільша нерівномірність руху.

Найбільш прийнятними для електричних рекуперативних систем є конденсатори великої ємності, що розроблені останнім часом і не потребують постійного контролю й регулярного обслуговування. Окрім того, вони мають значно більший термін використання й можуть витримувати глибокі розряди.

Впровадженню рекуперативних електричних систем на залізничному транспорті сприяє також поява надпотужних напівпровідникових елементів плавного регулювання електричного

струму (напівпровідникових тріодів), що порівняно з тиристорами великої потужності діють більш надійно й мають більш високу граничну робочу частоту.

УДК 656

М. В. Володарець, О. О. Юхименко

ВИКОРИСТАННЯ НАКОПИЧУВАЧІВ ЕНЕРГІЇ НА МОТОРВАГОННОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ

М. Volodarets, O. Yuhimenko

USE OF ENERGY ACCUMULATORS TO MOTOR VEHICLE MANUAL

Залізниці нашої країни є великим споживачем енергоресурсів, зокрема дизельного палива. Зі збільшенням перевізної роботи, виконуваної тепловозами, дизель-поїздами, річне споживання дизельного палива буде збільшуватися. У зв'язку з цим ефективна витрата його набуває великого значення і вимагає пошуку нових резервів, які дозволили б знизити витрати на паливо.

Важливу роль відіграють питання, пов'язані з підвищенням енергетичної ефективності експлуатаційного парку тепловозів, їх модернізацією, у першу чергу вантажних тепловозів, на частку яких припадає 80 % палива, що витрачається на тягу поїздів. Це стосується насамперед тепловоза 2ТЕ116, якими зараз виконується понад 60 % усієї вантажної роботи, а також пасажирської у складі дизель-поїзда ДПЛ-2, при цьому частина потужності дизель-генераторної установки відбирається на обігрів вагонів. Це збільшує витрати палива, оскільки відбір потужності відбувається при роботі дизель-генераторної установки на підвищених позиціях.

Експлуатація тепловозних дизелів на залізничному транспорті має свою специфіку: значна за часом робота на холостому ходу, часткових навантаженнях, постійна зміна режимів, потреба в зупинках

і запусках дизеля. Цими особливостями в основному визначається відносно низький коефіцієнт використання потужності локомотивів у поїзній роботі, який для тепловозів типу 2ТЕ116 не перевищує 50 %, а в складі дизель-поїздів – 15-20 %. Змінити ситуацію можна шляхом підвищення паливної ефективності. Пропонується використовувати тепловий акумулятор фазового переходу. Акумулятор фазового переходу містить вакуумований циліндричний корпус зі знімною кришкою, що має вхідний і вихідний отвори з запресованими в них вхідними й вихідними трубами, і блок капсул, що змінюють агрегатний стан у робочому діапазоні температур теплоакумулюючим матеріалом.

Запропоновано систему, яка значно знизить витрати палива на обігрів вагона дизель-поїзда, тому що обігрів вагонів у штатному стані відбувається при експлуатації дизель-поїзда на підвищених позиціях. Система також може бути використана для передпускового обігріву дизель-генераторної установки тепловоза. Це дозволить уникнути впливу негативних факторів, які спостерігаються при «холодному» пуску дизеля, а також для обігріву дизель-генераторної установки й вагона в період відстою дизель-поїзда в депо.

УДК 656.2

Н. Д. Чигирик, І. Р. Вихопень, Д. Д. Пономаренко

**ВОДА В ПАЛИВІ – ЗАСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЕКОНОМІЇ ТА ЕКОЛОГІЇ
НА ДИЗЕЛЬНОМУ ПРИМІСЬКОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ**

N. Chigirik, I. Vihopen, D. Ponomarenko

**WATER IN FUEL - A DEVICE FOR IMPROVING ECONOMY AND ENVIRONMENT
IN THE DIESEL INDUSTRIAL MOVEMENT COMPOSITION**

Ідея використання звичайної води для покращення параметрів роботи двигунів внутрішнього згорання є більш ніж просто привабливою. Адже вода – розповсюджена та звична речовина, використовувана людством у повсякденному житті. Для її застосування, порівняно з вуглеводневим паливом, не потрібно здійснювати значних витрат на створення потужностей для її підготовки чи переробки. Також не менш значним є той факт, що світові запаси води незрівнянно більше запасів традиційного вуглеводневого палива.

Але порівнювати воду як паливо – на перший погляд звучить абсурдно. Хоча все ж таки щось у цьому є. Застосування води дозволяє знизити величину теплової напруженості двигуна під час роботи, підвищити його надійність, ефективність, збільшити економічність, знизити концентрацію оксидів азоту та вуглецю у відпрацьованих газах. Дана ідея тривожить розуми науковців ще з початку ХХ ст. Так, ще сто років тому науковець Н. Отто отримав перший патент на застосування води у процесі роботи двигуна внутрішнього згорання (ДВЗ). А на початку того ж таки ХХ ст. вже активно здійснювали спроби реалізувати дану технологію на практиці. Так у 1920-1921 рр. багато англійських автобусів було обладнано карбюраторами з двома поплавковими

камерами. Перша – подавала бензин, друга – здійснювала подачу води.

У 1930-ті рр. водою як «паливом», чи краще сказати як добавкою до палива, зацікавилися авіабудівники. У 1970-ті рр. ідея застосування води у процесі роботи ДВЗ набула більш звичної для сучасних науковця форми, а саме використання води для приготування водно-паливної емульсії.

З того моменту і до наших днів ведуться активні роботи з розроблення все досконаліших технологій водно-паливних емульсій, дослідження їх впливу на параметри роботи ДВЗ.

Актуальність застосування технології використання водно-паливних емульсій і сьогодні залишається значною, адже вирішення завдань із енергозбереження та забезпечення екологічної безпеки в роботі ДВЗ – завдання, які вирішуються і будуть вирішуватись ще не одне десятиліття, якщо не століття.

Тяговий рухомий склад залізниць є основною рушійною силою, а тепловози, дизель-поїзди, рейкові автобуси, автотриси – ТРС із дизельними енергетичними установками – одні з найдорожчих засобів, що знаходяться в експлуатації залізниці. І причина тому – витрати палива, як одна з найбільших статей витрат.

**ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВАГОННИХ ДЕПО
ЗА РАХУНОК ЗАХОДІВ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ**

V. Yakovenko, V. Pogoriliy

**WAYS OF ENERGY EFFICIENCY OF ENERGY DEPTH INCREASED
BY CONSIDERATION OF ENERGY SAVING APPROACHES**

Обмеженість енергетичних ресурсів, висока вартість енергії, негативний вплив на навколишнє середовище, пов'язаний з її виробництвом, – всі ці фактори мимоволі наводять на думку, що розумніше знижувати споживання енергії, ніж постійно збільшувати її виробництво, а отже, і кількість проблем. У всьому світі вже давно ведеться пошук шляхів зменшення енергоспоживання за рахунок його раціонального використання.

Підвищення енергоефективності транспортних систем також належить до найбільш актуальних питань сьогодення. Залізничний транспорт у цілому та його підприємства мають досить високу енергоемність. Крім того, досить значну кількість енергії залізниці використовують на тягу поїздів, роботу постійних пристроїв, проведення ремонту рухомого складу, значна кількість енергоресурсів витрачається на обігрів приміщення депо. Так, наприклад на теплозабезпечення вагонного депо ім. Т. Шевченка до проведення його газифікації витрачалося 933,0 тис. грн щорічно.

Мінімізація витрат енергоресурсів, які спрямовані на життєзабезпечення виробничих об'єктів вагонних депо, дає значний ефект енергозбереження, дозволяє економити колосальні кошти, робить приміщення цехів та адміністративних будівель більш комфортним.

Програма підвищення енергоефективності будівель і споруд передбачає виконання цілого комплексу заходів як на

стадії будівництва, реконструкції та ремонту об'єктів, так і нас стадії їх експлуатації. Основні заходи енергоефективності спрямовані на зниження тепловтрат будівлі.

Для мінімізації цих втрат рекомендовано проводити такі заходи з підвищення енергоефективності: теплоізоляція зовнішніх стін; теплоізоляція даху, заміна вікон на металопластикові.

Ми вважаємо доцільним розглянути впровадження котлів з топкою киплячого шару (КШ). Так, наприклад, розглядаючи варіанти використання котла ВК-22, виробництва м. Івано-Франківська, і котла КВОГКШ, виробництва НВФ «Газінженіринг-Сервіс» (м. Харків), робимо висновок, що використання ефекту КШ дозволяє збільшити теплову ефективність котлів (економія паливного газу до 30 %, власний ККД котла – до 95 %) і знизити металоємність за рахунок організації інтенсивного теплообміну між середовищем, що гріє, і тим, що нагріває.

Специфічною особливістю його є малий об'єм води в міжтрубному просторі, за рахунок чого досягається інтенсифікація теплопередачі, розміщення паливних пристроїв і спалювання палива (природного газу) у низькотемпературному шарі «киплячого» інертного матеріалу, що дозволяє забезпечити стійке спалювання газу в діапазоні температур 700–900 °С, практично виключити хімічний недопал газу й у 2–3 рази зменшити вихід оксидів сірки й азоту. Спалювання газу в киплячому шарі

(КШ) дозволяє збільшити кількість переданої теплоти в 1,5–2,5 разу проти гладкої, що одержує теплоту «прямо» (не з КШ).

За проведеними розрахунками встановлено, що застосування такого котла дозволяє знизити витрати газу на опалення на 15 % і, як наслідок, зниження витрат на

його оплату. Крім того, витрати на технічне обслуговування та ремонту на 10 % нижче, ніж за базовим варіантом котла.

Таким чином, комплексне застосування заходів економії енергоресурсів у вагонних депо є простим шляхом досягнення енергоефективності.

УДК 629.4.027.5

А. Л. Сумцов, Д. С. Янов, Р. Б. Бурачок

МЕТОДИ ПODOВЖЕННЯ РЕСУРСУ КОЛІСНИХ ПАР РУХОМОГО СКЛАДУ

A. Sumtsov, D. Yanov, R. Burachok

METHODS OF EXTENSION OF THE RESOURCE OF THE COLLECTED PARTS OF THE MOVEMENT COMPOSITION

Колісна пара є одним з відповідальних елементів рухомого складу. Колісна пара працює в складних умовах навантаження, тому повинна забезпечувати високу надійність і безпеку руху.

Знос поверхні кочення колеса є наслідком природного, нормального зношування й стирання гальмівними колодками. Аналіз пошкоджень виявив, що колісна пара пошкоджується або природнім шляхом (знос поверхні кочення, прокат), або при неправильній експлуатації (повзун, навар). Оскільки колісна пара є одним із важливих вузлів, який відповідає за безпеку руху поїздів і водночас істотно зношується в процесі експлуатації, то важливим питанням є продовження ресурсу служби колісних пар.

Найбільш ефективним методом підвищення довговічності бандажів, у яких знос гребеня значно випереджає зростання прокату, є наплавлення зношених гребенів колісних пар. Наплавлення може відбуватися з викочуванням і без викочування колісних пар з-під локомотива.

Але на сьогодні найбільш перспективним методом зміцнення деталей і наплавлення бандажів є плазмова поверхнева обробка – досить ефективний і

продуктивний метод зміцнення сталевих деталей. Установка зміцнення колісних пар являє собою механізм обертання колісної пари і два плазмотрони, встановлених безпосередньо поблизу робочої поверхні коліс, з профільованим зрізом каналу на виході відповідно до профілю колеса. Дана технологія реалізується з використанням спеціальної установки PLAZER 50N-2M. Високоєфективний процес затвердіння фланців (15 хв для одного колеса) забезпечує збільшення часу роботи колісної пари в 3 рази, а також його надійність, поліпшення стану контакту з рейкою і може бути реалізовано в умовах стандартного складу.

Отже, підводячи висновки, можна сказати, що ефективність методів збільшення ресурсу бандажа колісної пари переважно оцінюється в зміні внутрішньої структури, а також у зведенні до мінімуму технологічного зносу. Важливим напрямом є впровадження технологій збільшення ресурсу колісних пар з одночасним зменшенням витрат на їх експлуатацію. Серед таких технологій найбільш перспективним є використання установок з наплавлення поверхні кочення без викочування.

**АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ШВИДКІСНОГО
РУХОМОГО СКЛАДУ**

D. Sulezhko, O. Kletska

**ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL ASPECTS OF SPEED
MANUFACTURING COMPANY**

Першим кроком для створення стратегії управління сталим екологічним розвитком є аналіз екологічних аспектів функціонування швидкісного рухомого складу (ШРС). Це дозволяє виявити всі фактори впливу даного виду діяльності на навколишнє середовище та здоров'я людини. При цьому комплексний аналіз впливу ШРС на навколишнє середовище передбачає розгляд всього його життєвого циклу.

Одним з найбільш показових параметрів впливу на навколишнє середовище є викиди CO₂, які негативно впливають на зміну клімату. Проведений аналіз життєвого циклу ШРС показав, що при будівництві 1 км лінії та за рік її експлуатації викиди CO₂ складають від 56 до 176 т. Емісія CO₂ від будівництва, обслуговування та утилізації ШРС складає 0,8-1,7 г за один пасажиро-кілометр.

Основними видами впливу в життєвому циклі ШРС на навколишнє середовище є вилучення невідновлювальних природних ресурсів, що необхідні для будівництва та подальшої експлуатації рухомого складу; забруднення різних природних середовищ токсинами; зміна природних умов існування екосистем;

механічний вплив на ґрунти та безпосередня взаємодія з об'єктами живої природи; фізичний вплив (тепловий, акустичний, електромагнітний та ін.).

Залізничний транспорт також є одним з найбільш вагомих джерел електромагнітного випромінювання. Саме мережі тягового електропостачання, тягові і трансформаторні підстанції є основними джерелами електромагнітних коливань, що мають складний частотний спектр. Слід зазначити, що одними з головних джерел забруднення навколишнього середовища, які зазвичай не беруться до уваги, є електростанції, що виробляють необхідну для руху поїздів електроенергію.

ШРС являє собою джерело вібраційного впливу, яке передається через рейки на їх опору і далі у ґрунт. Як фактор впливу на навколишнє середовище, вібрація має специфічні особливості, оскільки здатна чинити певний біологічний вплив на будь-якому рівні – від молекули до організму в цілому.

Систематизація даних дозволяє вибудовувати пріоритети щодо зниження негативного впливу і є необхідним етапом створення системи управління екологічно стійким розвитком ШРС.

**СКОРОЧЕННЯ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ РУХОМОГО СКЛАДУ
ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ**

A. Falendish, V. Gatchenko

**REDUCTION OF THE VALUE OF THE LIFE CYCLE
OF THE MOBILE COMPOSITION ON THE CALCULATION OF THE USE
OF AUTOMATED SYSTEMS**

Життєвий цикл будь-якого виробу включає в себе етапи розроблення, експлуатації та утилізації. Конкурентоспроможність технічних виробів також буде визначатися вартістю їх життєвого циклу, тому питання зменшення вартості життєвого циклу стоїть дуже актуально.

Останніми роками на залізничному транспорті України спостерігається тенденція до оновлення рухомого складу. Це і модернізація тягового рухомого складу (тепловозів, електровозів, дизель-поїздів, електропоїздів), і випуск нових вагонів, залізничних кранів та іншої залізничної техніки.

Життєвий цикл рухомого складу включає в себе процеси створення, випробування, експлуатації, технічного обслуговування, ремонту, модернізації та утилізації. Для рухомого складу використовується така класифікація: I-й етап включає цикл створення та випробування, II-й етап – експлуатація, ремонт і модернізація, III-й етап – утилізація. Найбільші резерви до скорочення вартості життєвого циклу мають етапи розроблення та випробування рухомого складу.

Скорочення вартості проектних робіт можливо з використанням автоматизованих систем проектування. Швидкий розвиток комп'ютерної техніки сприяє широкому застосуванню систем автоматизованого проектування та моделювання в машинобудуванні (у тому числі

локомотиво- та вагонобудуванні): роботи з розроблення концептуального проекту; створення моделі (електронні ескізи, двовимірні та тривимірні моделі, збірки); розрахунків (на міцність, кінематики і динаміки, течій газу або рідини в деталях і збірках); аналізу конструкції та її оптимізації (без виготовлення прототипу); підготовки проектної документації (креслень, специфікацій); виготовлення прототипу, а також виготовлення натурних стендів за допомогою швидкого прототипування для випробування зразків; випуску (автоматизація процесу підготовки виробництва, за допомогою додатків для автоматизації керуючих програм для станків з ЧПУ).

Широке застосування для проектування, розрахунку, аналізу конструкції та її оптимізації науковцями та інженерами в розробників мають такі системи автоматизованого проектування, як КОМПАС-3D, Solidworks, ANSYS та багато інших.

Система КОМПАС-3D від компанії АСКОН потужна і універсальна система тривимірного проектування. Основні функціональні можливості: розвинений функціонал тривимірного твердотілого, поверхневого і прямого моделювання (додатки до програми дозволяють виконувати проектування конструкцій: профільного металопрокату; гідравлічних і пневматичних систем, обв'язок машин і устаткування; тривимірних моделей валів,

втулок і елементів механічних передач стандартних машинобудівних муфт різних типів та ін.); інженерний аналіз (проектні і перевірені розрахунки пружин стиснення, розтягування, кручення, а також тарілчастих, конічних і фасонних пружин); лінійні задачі: напружено-деформованого стану (статичний розрахунок); статичної міцності збірок; стійкості; термопружності; стаціонарної теплопровідності; динамічний аналіз дозволяє визначати частоти і форми власних коливань, у тому числі для моделей з попередніми навантаженням та ін.), підготовка виробництва (САМ – додатки для автоматизації розроблення керуючих програм для токарних верстатів з ЧПУ (2-координатна токарна обробка) і 3-координатної обробки на фрезерних верстатах з ЧПУ), анімація.

Основні функціональні можливості системи Solidworks однойменної компанії (підрозділ Dassault Systemes): твердотільне моделювання (створення ескізів, тривимірних моделей, складань), поверхневе моделювання, підготовка виробництва, інженерний аналіз (розрахунок деталей на міцність методом кінцевих елементів, розрахунок кінематики і динаміки механізму, розрахунок течій газу або рідини в деталях і збірках), анімація.

Система ANSYS однойменної компанії ANSYS, Inc. Універсальна

програмна система кінцево-елементного (МКЕ) аналізу. Основні функціональні можливості: розв'язання лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій (включаючи нестаціонарні геометрично і фізично нелінійні задачі контактної взаємодії елементів конструкцій), задач механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів.

Аналіз систем автоматизованого проектування показав, що вони мають широкі функціональні можливості для скорочення часу проектування, розрахунку, випробувань у процесі розроблення та виробництва в галузі машинобудування.

Висновки. На вартість першого етапу життєвого циклу рухомого складу будуть впливати такі фактори, як кількість часу на проектування, розрахунок, випробування та оптимізацію конструкції; матеріальні витрати на виготовлення прототипів і стендів для випробувань, обладнання, інструментів; кількість випробувань і їх обсяг; витрати людино-годин. Тому використання даних систем для локомотиво- та вагонобудування, а особливо для модернізації рухомого складу дозволить значно знизити вартість першого етапу життєвого циклу продукту.

УДК 656.2

А. М. Зінківський, С. І. Возненко, Д. А. Іванченко

АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПОБУДОВІ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

A. Zinkivskiy, S. Voznenko, D. Ivanchenko

ANALYSIS OF THE USE OF MATERIALS AT BUILDING OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURING COMPOSITION

Розвитком пасажирських автономних вагонів (дизель-поїздів, як і моторних електровагонів) є поєднання в одній поїзній

одиниці локомотива (паровоз, тепловоз або акумуляторний електровоз) і салону пасажирського вагона. Більшість одиниць

такого типу рухомого складу має на борту запас паливно-енергетичних ресурсів, які в подальшому перетворюються в механічну енергію обертання ведучих колісних пар.

Від створення перших типів моторвагонного рухомого складу інженери ставили перед собою завдання вибору та використання матеріалів, які повинні забезпечувати високу міцність конструкції, її легкість і стійкість до агресивного впливу середовища експлуатації.

Від першого створеного вагона, призначеного для комфортного перевезення пасажирів на великі відстані, і до сучасних, високошвидкісних і високотехнологічних, поїздів відбулося досить багато змін, які стосувались принципів конструювання та використання матеріалів для забезпечення комфорту і вимог безпеки руху і пасажирів.

Світова практика вагонобудування постійно шукає нові технічні рішення, пов'язані з використанням нових матеріалів і методів їх поєднання при виготовленні елементів конструкції моторвагонного рухомого складу.

За принципом конструкції перші вагони нагадували карету з дерева, однак підвищення навантаження та швидкостей руху стало вимагати застосування металевих рами вагонів з дерев'яною обшивкою, а в подальшому метал було застосовано і на обшивці. Даний перехід ознаменував перший етап технічної революції. Відбулася заміна матеріалів, а згодом при виготовленні кузовів вагонів почали застосовувати електричне зварювання замість болтових і клепаних з'єднань, що дало змогу знизити вагу рухомого складу. У процесі удосконалення технології виготовлення вагонів було визначено класичну диференціальну конструкцію, яка застосовується широко і в наш час і має на увазі використання зварного металевих каркасу та обшивки з тонкого сталевих листа.

Однак з розвитком індустрії металургії було покладено початок

застосуванню і інших металів у виготовленні кузовів вагонів. Так, на початку 1930 року за допомогою заклепувальної технології вперше виготовили вагони з кузовами з алюмінієвих сплавів. Це дало початок у використанні легких металевих конструкцій. Для зміцнення металевих листів було застосовано технологію екструдуювання.

Зараз впроваджуються все нові методи поєднання різних типів матеріалів при побудові кузовів моторвагонного рухомого складу. Так, гібридний метод полягає у використанні різних технологій, наприклад обробки нових матеріалів (полімерів, зокрема армованих скловолокном, пінопластів тощо), з'єднання елементів конструкції (лазерне зварювання, клейова технологія), а також принципів конструювання (модульний, комбінований).

Слід відзначити, що впродовж десятиліть сталь залишається домінуючим матеріалом у виробництві залізничного рухомого складу. Яскравим прикладом традиційної зварної сталевих конструкції є кузови двоповерхових вагонів поїздів компанії Bombardier і вагонів дизель-поїздів компанії Siemens TS. У даному випадку полегшення конструкції забезпечено завдяки використанню спеціально підібраних сортів сталі, застосуванню сучасних технологій: точкове зварювання, спеціальні методи штампування стояків бічних стінок, лазерне зварювання листів зовнішнього обшивання тощо. Проте з 1980-х років при створенні пасажирського рухомого складу все більше використовуються алюмінієві сплави й полімери, армовані скловолокном.

Сталь залишається одним з найбільш зручних матеріалів для створення полегшених конструкцій. Вона має такі характеристики: відносно невисока вартість, міцність, гарна оброблюваність і зварюваність; ремонтпридатність; екологічність і утилізованість; високий потенціал створення полегшених

конструкцій. Сталь і надалі буде мати провідну значення в конструкції рухомого складу.

Залізнична промисловість через глобалізацію населення має нові завдання з

усунення розходження у стандартах. Це можливо завдяки раціональному підходу до вирішення проблеми і використання відповідних загальнодоступних матеріалів, зокрема сталі.

УДК 629.423.31

О. М. Харламова, П. О. Харламов

ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ІМПУЛЬСНИМ КЕРУВАННЯМ НА МОТОРВАГОННОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ

O. Kharlamova, P. Kharlamov

APPLICATION OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE WITH PULSE CONTROL ON ELECTRIC MULTIPLE UNITS

У вирішенні транспортних проблем великих міст і їх зв'язків з обласними населеними пунктами та найближчими обласними центрами й містами особливо важливе, а найчастіше й вирішальне, місце займають приміські електропоїзди (ПЕ). Ефективність і надійність роботи ПЕ переважно визначаються експлуатаційними характеристиками поїздів, які у свою чергу визначаються їхніми відповідними показниками (вартість виготовлення, витрати на ремонти й обслуговування, строк служби, питома витрата енергії й надійність роботи і т. д.). На ці показники найбільше впливає використовувана система тягового електропривода (ТЕП).

У цей час у зв'язку з розвитком напівпровідникової перетворювальної техніки з'явилося багато можливостей удосконалення систем ТЕП, серед них використання на електрорухомому складі (ЕРС) із традиційними тяговими машинами (ТМ) при електропостачанні постійним струмом імпульсного керування (ІК) і при електропостачанні змінним струмом – плавного регулювання напруги живлення ТМ і рекуперативного гальмування й на обох типах ЕРС із колекторними тяговими машинами (КТМ) незалежного збудження

(НЗ), а також застосування безколекторних ТМ – асинхронних (АТМ), вентильних та індукторних.

Для вирішення питання про вибір типу ТЕП для ПЕ необхідно використовувати критерії, які дозволяють найповніше оцінювати ефективність роботи ТЕП на ЕРС у конкретних експлуатаційних умовах і, отже, найбільш раціонально використовувати ТЕП, що й призведе до підвищення ефективності експлуатації ЕРС.

На основі комплексного оцінювання показників моторвагонного рухомого складу з різними системами ТЕП за результатами розрахунків і обробки їх даних в експлуатації показана техніко-економічна доцільність використання НЗ ТМ на моторвагонному рухомому складі з контакторно реостатним (КР) і ІК.

При перших спробах розроблення системи ІК гіпотетично вважалося, що перехід з реостатно-контакторного на безконтакторне тиристорне керування докорінно змінює умови роботи електроустаткування й керування ЕРС постійного струму, значно поліпшуючи його тягово-експлуатаційні якості й підвищуючи економічну ефективність електричної тяги. Однак практично

використання ІК не дає тих результатів, які очікувалися теоретично.

Розбіжність теоретичних і практичних показників систем ІК виявилася в такому:

1. Контактна апаратура й показники електроустаткування. Кількість контактної апаратури у схемах із КР трохи більше, ніж при ІК. Наявність на ЕРС із ІК великої кількості контакторних апаратів і специфічного для ІК електроустаткування обумовлює зростання маси й вартості комплекту електроустаткування й природно впливає на його надійність.

2. Надійність роботи електроустаткування. Як закордонний досвід, так і вітчизняні дані показують, що заміна КР на ІК призводить до подорожчання й збільшення маси електроустаткування й не підвищує його надійність.

3. Тягові й гальмові характеристики. Привод із РК із незалежним збудженням тягових машин має переваги перед ІК в тягових і гальмових властивостях.

4. Споживання енергії на тягу. Споживання енергії з енергосистем на забезпечення перевезень визначається різницею між її витратою в тязі й

поверненням за наявності рекуперативного гальмування. ІК з реальними параметрами суттєво програє за енергетичною ефективністю рекуперації системі КУ із незалежним збудженням тягових машин. При цьому загальну енергетичну ефективність заміни КР на ІК можна забезпечити тільки за рахунок скорочення втрат енергії на тягу.

Висновок. Застосування на моторних вагонах ІК замість КР із незалежним збудженням тягових машин і рекуперативним гальмуванням не тільки не дає економії енергії, але й веде до істотного збільшення її споживання. Особливо це стосується випадку повного корисного використання енергії рекуперації, яке через його високу ефективність при серйозному ставленні до проблеми зниження витрати енергії на тягу поїздів, безумовно, забезпечене.

Таким чином, з відомих об'єктивних даних випливає, що на вагонах моторвагонного рухомого складу доцільно застосовувати ТЕП із незалежним збудженням тягових машин та енергозберігаючою системою.

**ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ УКРАЇНСЬКОГО
ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ**

**COLLECTION OF SCIENTIFIC WORKS OF THE
UKRAINIAN STATE UNIVERSITY OF RAILWAY
TRANSPORT**

Випуск 184 (додаток)

«Збірник наукових праць УкрДУЗТ» включено до списку друкованих (електронних) періодичних видань, що включаються до Переліку наукових фахових видань України, в яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук (Наказ МОН України від 21.12.2015 р. № 1328 (додаток 8)).

Тези друкуються в авторській редакції мовою оригіналу.

Відповідальний за випуск Новікова М. А.

Редактор Ібрагімова Н. В.

КВ № 21515 - 11415ПР від 27.07.2015 р. Підписано до друку 23.04.2019 р.

Формат паперу А4. Папір писальний.

Умовн.друк. арк. 4,25. Тираж 75. Замовлення № .

Видавець Український державний університет залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейсрбаха,7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018р.