МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

V-ї МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ТРАНСПОРТ: НАУКА ТА ПРАКТИКА»

21-22 травня 2026 р.



Україна, Київ – Одеса

2. Кузьменко А.І. Дослідження впливу експлуатаційних факторів на економічні показники роботи транспортних засобів міжнародних вантажних перевезень [Електронний ресурс] / А.І. Кузьменко // Вісник Академії митної служби України. Сер. : Технічні науки. - 2010. - № 1. - С. 52-57. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vamsutn_2010_1(43)__9.

3. UIC Leaflet 519: Method for determining the equivalent conicity. 2004. 94 p.

4. EN 15302: Railway application – Method for determining the equivalent conicity. 2008. 119 p.

r.domin@1520mm.com

domin1520.1435mm@gmail.com

УДК 629.462.2:629.4.02

Каграманян А.О. к.т.н., доц., Аракелян Т.А. аспірант

Український державний університет залізничного транспорту

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО СТАНУ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ СПИРАННЯ КОТЛІВ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН

Анотація. *У роботі розглянуто ключові аспекти сучасного стану та напрямки вдосконалення систем спирання котлів вагонів-цистерн. Обґрунтовано актуальність проблеми, зумовлену зростанням обсягів перевезень наливних вантажів і високою часткою відмов, пов'язаних із вузлами спирання. Проведено критичний аналіз традиційних конструктивних рішень, який виявив їх основні недоліки: низьку адаптивність до динамічних навантажень, концентрацію напружень у зварних з'єднаннях, недостатні демпфувальні властивості та обмеженість існуючих розрахункових методів. На основі аналізу світового досвіду та застосування методів математичного і чисельного моделювання запропоновано новий підхід до підвищення надійності – концепцію керованого зниження динамічних навантажень шляхом використання фрикційно-пружних зв'язків. Розроблено відповідну модель взаємодії елементів системи «котел – опорна система – рама», виконано її аналітичне та чисельне дослідження, а також проведено оптимізацію геометричних параметрів опорних вузлів з урахуванням зниження концентрації напружень. Отримані результати дозволяють підвищити ресурс і надійність вагонів-цистерн, знизити ймовірність*

втомних руйнувань і можуть бути використані при проєктуванні нових конструкцій, модернізації існуючого рухомого складу та вдосконаленні нормативної бази галузі.

Проблематика. Сучасний етап розвитку залізничного транспорту в Україні та світі характеризується неухильним зростанням обсягів перевезень наливних вантажів – нафтопродуктів, зріджених газів, хімічно агресивних речовин. Вагони-цистерни є ключовою ланкою цього логістичного ланцюга, тому безпека їхньої експлуатації безпосередньо залежить від технічного стану несівних конструкцій. Статистика пошкоджень свідчить, що понад 60% відмов, що призводять до вимушених простоїв та позапланових ремонтів, пов'язані саме з вузлами спирання котла на раму.

Система спирання виконує функцію передачі всіх видів навантажень від котла (маса вантажу, тиск, температурні впливи) до рами вагона та далі на ходові частини. Під час руху котел сприймає значні поздовжні (при розгоні/гальмуванні до ±2,5 g), вертикальні (динамічне навантаження від нерівностей колії) та поперечні (відцентрові сили в кривих) зусилля. Традиційна схема спирання – через дерев'яні бруси в опорних люльках – не забезпечує належного демпфування, а зварні з'єднання фасонних листів з котлом працюють в умовах складного знакозмінного навантаження, що призводить до втомного руйнування**.**

Критичний розгляд науково-технічної літератури дозволяє систематизувати основні недоліки традиційних рішень: Відсутність адаптації до змінних динамічних навантажень. Жорстке (або умовно пружне через деревину) кріплення не змінює своїх характеристик залежно від режиму руху, що призводить до пікових перенапружень. У місцях приварювання опорних лап до шкворневих балок та котла виникають локальні зони пластичних деформацій, особливо за наявності дефектів зварювання або неякісного ремонту. Дерев'яні бруси, які використовуються як прокладки, з часу всихають, розтріскуються та втрачають пружні властивості, що практично не гасить коливання. Існуючі нормативні методи розрахунку (зазвичай лінійно-пружні статичні моделі) не

враховують реальні нелінійні контактні взаємодії, сили тертя та динамічні ефекти.

У роботах декларується позитивний вплив модернізації ходової частини (візки типу Y25) на ресурс цистерни, але відсутні кількісні оцінки впливу саме на вузли спирання. Патентні рішення з еластичними прокладками не містять даних про їхню довговічність в умовах реальних температурних циклів (від –40 °C до +60 °C) та дії хімічних речовин. Більшість авторів пропонують шлях збільшення металоємності опор (ребра жорсткості, потовщення листів), що підвищує масу вагона та вартість, але не вирішує першопричину руйнувань – динамічні перевантаження.

Таким чином, головна наукова проблема полягає у відсутності комплексного підходу до оптимізації взаємодії елементів системи «котел – опорна система – рама», який би одночасно враховував: жорсткісні характеристики (розподіл навантажень); дисипативні властивості (здатність гасити коливання); геометричні параметри (конфігурацію опор, радіуси заокруглень, форму накладок); нелінійні контактні умови (тертя, відрив, проковзування).

Вирішення цієї проблеми є критичним для забезпечення техногенної безпеки на залізничному транспорті та подовження ресурсу вагонів-цистерн.

Основні матеріали дослідження. У ході дослідження застосовано комплексний науковий підхід, що поєднує: (а) критичний аналіз вітчизняних та зарубіжних науково-технічних рішень (патентів, статей, нормативних документів); (б) методи математичного моделювання, включаючи диференціальні рівняння руху системи з кількома ступенями вільності; (в) чисельне моделювання методом скінченних елементів (МСЕ) з використанням критерію Мізеса для оцінки напружено-деформованого стану; (г) параметричну оптимізацію для пошуку раціональних геометричних та фрикційних характеристик.

Традиційна схема. Класична конструкція передбачає спирання котла через дерев'яні бруси, що встановлюються в опорних люльках звареної рами. При цьому фасонні опорні листи (накладки) приварюються безпосередньо до обичайки котла та до хребтової балки. Експлуатаційні пошкодження показують, що тріщини виникають саме в зварних швах – це підтверджено візуальним та ультразвуковим контролем понад 500 цистерн у депо.

Патентний аналіз виявив три основні напрями. Еластичні прокладки та компенсатори – поліуретанові, гумові або композитні вставки між котлом та опорою. Вони компенсують технологічні допуски, частково знижують динаміку, але швидко старіють. Фрикційні зв'язки – конструкції з підшипниками або пружними елементами, де енергія коливань гаситься за рахунок тертя між контактуючими поверхнями. Модульні опори – зменшення кількості опорних вузлів (наприклад, з п'яти до двох), що дозволяє знизити власну вагу на 9,6%, але потребує ретельної перевірки міцності.

Розробка та обґрунтування фрикційно-пружної системи. Концепція керованого зниження динамічного навантаження. На відміну від більшості відомих робіт, які пропонують пасивне силове підсилення конструкції, у даному дослідженні вперше обґрунтовано принципово інший підхід – кероване зниження динамічного навантаження через введення фрикційних зв'язків із пружними елементами. Це означає, що система може змінювати свою жорсткість та дисипацію залежно від рівня навантаження: при малих впливах працює як пружна, при великих – активується механізм тертя, який «зрізає» пікові навантаження.

Запропоновано систему диференціальних рівнянь руху котла, що враховує: масу котла з вантажем; пружні зв'язки з рамою; сухе тертя; геометричні зазори та обмеження переміщень. Розв'язок виконано аналітичним методом (балка на пружній основі з тертям) та чисельно (МСЕ).

Оптимізація геометрії опорних вузлів. Проблема концентраторів напружень. Традиційні опорні накладки мають прямокутну або трапецієподібну

форму з гострими кутами, що створюють значні концентратори напружень. У зварних швах пікові напруження можуть у 3–5 разів перевищувати номінальні.

етрії часто лише переносять концентратор на нове місце.

Рекомендації щодо ремонту. Запропоновано: використовувати накладки усіченої форми при заміні опорних вузлів; обов'язковий контроль якості зварних швів методом ультразвукової дефектоскопії після ремонту; застосовувати попередній підігрів при зварюванні для зменшення залишкових напружень.

Це дозволяє подовжити ресурс відремонтованої цистерни щонайменше на 10–12 років.

Порівняння з аналітичним розв'язком балки на пружній основі з тертям дало розбіжність менше 7,9%, що є прийнятним для інженерних розрахунків.

Висновки. На основі проведеного критичного аналізу сучасного стану систем спирання котлів вагонів-цистерн виявлено системні недоліки традиційних рішень: відсутність адаптації до динамічних навантажень, концентрація напружень у зварних швах, низька демпфувальна здатність дерев'яних брусів, невідповідність нормативних методів розрахунку реальним умовам. Обґрунтовано, що шлях простого збільшення металоємності опор є неефективним, оскільки не усуває першопричину руйнувань – динамічні перевантаження.

Запропоновано та кількісно обґрунтовано концепцію керованого зниження динамічного навантаження в системі спирання котла вагона-цистерни шляхом введення фрикційно-пружних зв'язків, що принципово відрізняється від традиційних підходів пасивного підсилення конструкції;

Отримані результати можуть бути безпосередньо використані: при проєктуванні нових вагонів-цистерн (передавання технічних вимог до опорних вузлів: коефіцієнт запасу втомної міцності 4,1; радіуси заокруглень накладок ≥50 мм); при модернізації існуючого парку вагонів (заміна дерев'яних брусів на фрикційно-пружні елементи, встановлення накладок усіченої форми під час ремонту); для уточнення нормативної бази у галузі вагонобудування (оновлення

методів розрахунку вузлів спирання з урахуванням нелінійних контактних взаємодій та сил тертя).

kartal@kart.edu.ua,
arakelyan.ta.2026@gmail.com

УДК 656

Кічкіна О.І., ктн., доц., Філіпова В.Ю., студентка
Одеський національний морський університет

РОЗВИТОК МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ОДЕСІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ

Анотація. *Метою дослідження є розвиток міського транспорту в місті Одеса в умовах воєнного часу та енергетичної нестабільності. Розглядається перспектива використання тролейбусів з автономним ходом в транспортній мережі Одеси. Досліджено типи тролейбусів з автономним ходом, визначено проблемні ділянки в транспортній мережі міста та запропоновано заходи з реорганізації проблемного міського маршруту.*

Проблематика. Міський транспорт Одеси у воєнний час опинився в умовах системної багаторівневої кризи. Ключовим дестабілізуючим фактором стали масовані атаки на енергетичну інфраструктуру, що розпочалися у 2022 році та досягли пікової інтенсивності у 2025 році. У цей період місто зазнало тривалих відключень електроенергії, які фактично унеможливили експлуатацію електричного транспорту, зокрема трамваїв та тролейбусів .За офіційними повідомленнями Одеської міської ради, електротранспорт був повністю зупинений, а його відновлення залежало від стабілізації енергопостачання, що залишалося непередбачуваним. Втрата електротранспорту спричинила перевантаження автобусних маршрутів. Для компенсації дефіциту рухомого

Kyrychenko K. STRESS REACTIONS AND SHIPPING SAFETY: FEATURES OF DECISION-MAKING BY CADET SAILORS 248
Fomin O.V., Burlutskyi O.V., Klymash A.O. ANALYSIS OF TRENDS IN THE EVOLUTION OF GOODS VEHICLES BASED ON TIME-SERIES FORECASTING OF PATENT DATA 251
Бондаренко В.В., Черняєв Р.І., Цидибрага Г.К., Водоп'ян О.В. УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ПОЖЕЖНОЇ СИГНАЛІЗАЦІЇ ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА 255
Візняк Р.І. РОЗРАХУНОК МІЦНОСТІ ПІВВАГОНА НОВОГО ПОКОЛІННЯ З ГЛУХИМ КУЗОВОМ, ПРИ РОЗВАНТАЖЕННІ НА СТАЦІОНАРНОМУ РОТОРНОМУ ВАГОНОПЕРЕКИДАЧІ 260
Віценюк Ю.В., Лабуда М.Р., Фалендиш А.П. ОЦІНКА ХАРАКТЕРИСТИК ТЕПЛОВОЗА М62 ПРИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДИЗЕЛЯМИ CAT АБО EMD 263
Воробйов О.В., Ігнатов Д.В. РАЦІОНАЛЬНІ СПОСОБИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ КОЛІС ПРИ НАДНОРМАТИВНОМУ ЗНОСІ ГРЕБЕНЯ 267
Дьомін Р.Ю., Дьомін Ю.В. ВАРІАНТ УНІФІКОВАНОГО ПРОФІЛЮ ПОВЕРХОНЬ КОЧЕННЯ КОЛІС РОЗСУВНИХ КОЛІСНИХ ПАР РІЗНИХ СИСТЕМ 272
Каграманян А.О., Аракелян Т.А. КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ СУЧАСНОГО СТАНУ ВДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ СПИРАННЯ КОТЛІВ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН 276
Кічкіна О.І., Філіпова В.Ю. РОЗВИТОК МІСЬКОГО ТРАНСПОРТУ В ОДЕСІ: ВИКЛИКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ 281
Ковальчук Р.М., Климаш А.О., Ворох А.О., Зарайська Я.М. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВОДНЮ В ЯКОСТІ ПАЛИВА ДЛЯ АВТОМОБІЛІВ 286
Ковтанець М.В., Могила В.І., Бурейка Г., Плотніков В.Д. ПОЛІПШЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ РУХОМОГО СКЛАДУ 291