



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ПРОГРЕСИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ



Тези 2-ї міжнародної науково-технічної конференції



Харків 2024 р.

2-а міжнародна науково-технічна конференція «Прогресивні технології засобів транспорту», Харків, 05 — 06 грудня 2024 р.: Тези доповідей. — Харків: УкрДУЗТ, 2024. — 122 с.

Збірник містить тези доповідей науковців закладів вищої освіти України та інших країн, підприємств транспортної та машинобудівної галузей за трьома напрямками:

- проектування, виробництво, сервіс та експлуатація засобів транспорту;
- енергоефективність та енергоменеджмент засобів транспорту і інфраструктури;
- вагони: конструювання та експлуатація.

ЗМІСТ

Секція ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО, СЕРВІС ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТРАНСФОРМАЦІЯ ГОСПОДАРСТВОМ	ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ	INDUSTRY 4.0: ЛОКОМОТИВНИМ	
<i>Б. Є. Боднар, О. Б. Очкасов</i>			9
ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОВГОВІЧНОСТІ АГРЕГАТІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН			
<i>С. В. Воронін, В. О. Мазена</i>			11
ВИЗНАЧЕННЯ І ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО	ОПТИМІЗАЦІЯ РЕМОНТНОГО	ЗАПАСІВ ДЛЯ ГОСПОДАРСТВА	
<i>О. С. Крашенінін, О. М. Обозний, В. С. Бєлянінов, Д. С. Зубко</i>			13
ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗЕРВІВ СТРУКТУРНИХ ПІДРОЗДІЛІВ РЕМОНТНОГО ГОСПОДАРСТВА ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО			
<i>О. С. Крашенінін, О. М. Обозний, Я. О. Головка, Д. Т. Петров</i>			15
ЛОКОМОТИВИ З ДВОРЕЖИМНИМ ЖИВЛЕННЯМ			
<i>Л. В. Овер'янова, Є. С. Рябов, О. І. Плютін, В. С. Немашкало</i>			17
ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ПРИВОДУ КОЛІСНИХ ПАР ДЛЯ ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ПРОМИСЛОВИХ КАР'ЄРНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ			
<i>Є. С. Рябов, С. В. Рой, В. О. Яготін, А. Є. Прокопов</i>			19
ОТРИМАННЯ ІНФОРМАТИВНИХ СКЛАДОВИХ ВІБРАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ПІДШИПНИКА КОЧЕННЯ МЕТОДОМ АККУГРАМИ			
<i>С. В. Михалків, К. С. Бондаренко, О. В. Кофанов</i>			21
ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ			
<i>А. Л. Сумцов, О. В. Волков</i>			23
ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ХОДОВИХ ЧАСТИН ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ			
<i>А. Л. Сумцов, Д. К. Білоус</i>			25
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ ПІДТРИМКИ МАШИНІСТА ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ			
<i>О. М. Харламова, М. Ю. Кудрич, П. О. Харламов</i>			27

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК АВТОНОМНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

А. С. Залата

29

Секція

**ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ЗАСОБІВ
ТРАНСПОРТУ І ІНФРАСТРУКТУРИ**

ANALYTICAL COMPARISON OF SOLID FUEL COMBUSTION EFFICIENCY IN A PULSATING BED

I. Redko, Y. Burda, E. Novoseltsev, S. Shamanov, A. Revutska

31

ANALYSIS OF COMBUSTION OF LOW-GRADE FUEL IN A FLUIDIZED BED

Y. Burda, Y. Nizheradze, O. Zholubov, D. Petukhov, I. Redko

33

ANALYSIS OF THE THERMODYNAMIC EFFICIENCY OF SOLID FUEL COMBUSTION IN A VORTEX FURNACE

Y. Burda, Y. Pivnenko, O. Lohvinenko, P. Rukavishnykov, S. Boiko

35

ЕЛЕКТРОСПІКАННЯ НАНОПОРОШКІВ ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ, СИНТЕЗОВАНИХ МЕТОДОМ РОЗКЛАДАННЯ ФТОРИДНИХ СОЛЕЙ

В. П. Нерубацький, Е. С. Геворкян

37

ВПЛИВ ЗАПЛАНОВАНОГО СКОРОЧЕННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ВЕЛИЧИНУ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ ОГОРДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЇ У НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТАХ

О. В. Панчук

39

ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ МАСОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЕЮ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ: ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ

Д. В. Кудряшов, Н. С. Кудряшова

42

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ЛОКОМОТИВА

Ю. Є. Калабухін, А. Л. Сумцов

44

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ БУДІВЛІ ЗАКЛАДУ ТОРГІВЛІ

А. В. Онищенко, М. В. Бірюков

46

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЛІКУВАЛЬНОГО КОРПУСУ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ ПІСЛЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ <i>А. В. Онищенко, Р. В. Бобрішев</i>	47
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ <i>А. В. Онищенко, Т. І. Вертоградов</i>	49
ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ СУЧАСНИХ ТОРГОВИХ ЦЕНТРІВ <i>А. В. Онищенко, Ю. С. Харченко</i>	50
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В БУДІВЛЯХ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я <i>Ю. А. Бабіченко, М. П. Мандрика</i>	52
АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ <i>Ю. А. Бабіченко, Я. В. Ропало</i>	53
АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ УКРИТТІВ <i>Ю. А. Бабіченко, М. В. Скрицький</i>	55
МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ РОЗТАШОВАНОЇ В МІСТІ ХАРКОВІ <i>О. В. Василенко, С. С. Андрєєв, М. В. Сташко</i>	56
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНОЇ ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОГО КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З КОГЕНЕРАЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ <i>О. В. Василенко, В. О. Шаповал, М. В. Сташко</i>	58
ВИБІР ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ <i>Г. В. Біловол, Д. С. Орлов, О. О. Бабич</i>	59
ВИКОРИСТАННЯ ЧЕК-ЛИСТІВ АНАЛІЗУ РОБОТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ПРИ САМОДІАГНОСТИЦІ ПІДПРИЄМСТВ <i>Г. В. Біловол, В. В. Александров, П. Ф. Дишко, А. П. Бродовський</i>	62

Секція
ВАГОНИ: КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВОЗІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ <i>А. О. Сулим, Ю. С. Павленко, О. М. Білецький</i>	64
АНАЛІЗ ВІДМОВ ТА НЕСПРАВНОСТЕЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ <i>А. О. Сулим, Ж. О. Семко</i>	66
АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ТА МІЦНОСНИХ ЯКОСТЕЙ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КОКСУ <i>В. В. Федоров</i>	68
РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НА ЗАЛІЗНИЧНУ ІНФРАСТРУКТУРУ <i>С. В. Мямлін</i>	70
СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ТРАНСЄВРОПЕЙСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ <i>С. С. Мямлін</i>	72
ВПРОВАДЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ З ГНУЧКИМИ ПОТОКАМИ РЕМОНТУ ВАГОНІВ – ОДНА З НАЙВАЖЛИВІШИХ УМОВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАГОННОГО ГОСПОДАРСТВА <i>В. В. Мямлін</i>	74
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ МОДЕЛІ 13-4155 <i>О. Г. Рейдемейстер, О. А. Шикунів, Д. О. Ягода</i>	76
ПРОБЛЕМИ СУМІСНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ УДАРНО-ТЯГОВИХ ПРИСТРОЇВ РУХОМОГО СКЛАДУ КОЛІЙ 1435 ММ ТА 1520 ММ <i>А. Л. Пуларія, Ю В. Терещак</i>	77
ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ <i>Д. А. Пуларія</i>	79
ОГЛЯД НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН <i>Ю. В. Щербина, В. В. Мамонтов</i>	81

ПРОВЕДЕННЯ РЕТРОФІТА ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА R12 НА R134a, СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ МАБ-II, ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ <i>В. М. Іщенко, Н. С. Брайковська, Ю. С. Горлушко</i>	85
ОЦІНКА ВПЛИВУ ДІЇ КОРОЗІЇ НА ВНУТРІШНЮ ПОВЕРХНЮ КОТЛІВ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН ТА ПОШУКИ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ <i>Ю. В. Щербина, А. О. Терещук</i>	88
ДІАГНОСТИКА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В ЯКОМУ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ АЛЬТЕРНАТИВНІ ХОЛОДОАГЕНТИ <i>В. М. Іщенко, Н. С. Брайковська, Юрій Демченко</i>	91
МОДЕЛЮВАННЯ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ <i>А. О. Гречкін, Д. О. Єгоров, І. Є. Мартинов, А. В. Труфанова, С. І. Мартинов</i>	94
ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІЗКІВ ТИПУ Y25 ПІД ДОВГОБАЗНИМ ВАГОНОМ-ПЛАТФОРМОЮ <i>Я. Діжо, А. О. Ловська, М. Блатницький</i>	95
ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗЙОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ КОНТЕЙНЕРІВ В НАПІВВАГОНАХ ПРИ ВАНТАЖНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ <i>С. В. Панченко, А. О. Ловська, П. В. Рукавішников</i>	98
РОЗВИТОК МЕТОДІВ АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ КОЛІСНИХ ПАР З БУКСОВИМИ ВУЗЛАМИ ВАГОНІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ МАШИННОГО НАВЧАННЯ <i>І. Е. Мартинов, В. В. Бондаренко</i>	100
АНАЛІЗ ПЕРІОДИЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ БУКС ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ПІДШИПНИКАМИ <i>І. Е. Мартинов, О. С. Калмиков, О. М. Литовченко</i>	102
ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ДИНАМІКИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ, ЗАВАНТАЖЕНОГО ЗЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ ДЛЯ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ <i>А. О. Ловська, Я. Діжо</i>	104
СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОПОВІТРОРІЗПОДІЛЬНИКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА В ЕКСПЛУАТАЦІЇ <i>В. Г. Равлюк, Я. В. Дерев'янчук</i>	106

ВИКОРИСТАННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ <i>Д. І. Волошин, Л. В. Волошина</i>	108
КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІВВАГОНА З ГЛУХИМ КУЗОВОМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ <i>Р. І. Візник</i>	110
ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ БОКОВИХ РАМ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ <i>А. О. Каграманян, О. А. Жерновенков, В. М. Березний</i>	112
ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ <i>А. В. Рибін, М. В. Фісун</i>	115
ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЩО ВЖЕ ВІДПРАЦЮВАЛИ СВІЙ РЕСУРС <i>А. В. Труфанова</i>	116
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ВУЗЛІВ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КУЗОВУ НАПІВВАГОНУ <i>В. О. Шовкун, О. О. Балашов, Р. О. Мартишко, Є. О. Шульга</i>	118
ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ЗВАЖУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ <i>Г. Л. Комарова, С. Р. Мартиросян</i>	120

СЕКЦІЯ

ПРОЕКТУВАННЯ, ВИРОБНИЦТВО, СЕРВІС ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ

УДК 629.4.083:656.225.073

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЇ INDUSTRY 4.0: ТРАНСФОРМАЦІЯ УПРАВЛІННЯ ЛОКОМОТИВНИМ ГОСПОДАРСТВОМ

INTELLIGENT TECHNOLOGIES OF INDUSTRY 4.0: TRANSFORMATION OF LOCOMOTIVE ECONOMY

*докт. техн. наук Б. Є. Боднар,
канд. техн. наук О. Б. Очкасов*

Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

*B. Y. Bodnar, D.Sc. (Tech),
O. B. Ochkasov, PhD (Tech.)*

Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

Сучасний залізничний транспорт стоїть на порозі нової ери, позначеної стрімким розвитком та впровадженням інноваційних технологій Industry 4.0. Технології Industry 4.0, що базуються на принципах інтелектуалізації, автоматизації та взаємодії, відкривають значні можливості для підвищення ефективності, безпеки та надійності локомотивного господарства.

Відхід від традиційних підходів Industry 3.0, що характеризувалися статичними автоматизованими системами, до гнучких, адаптивних рішень Industry 4.0, знаменує собою справжню революцію в управлінні локомотивами. Ключовими елементами цієї трансформації є інтеграція Інтернету речей (IIoT), хмарні технології, штучний інтелект, машинне навчання, аналіз великих даних та створення цифрових двійників.

Одним з ключових напрямків застосування Industry 4.0 в локомотивному господарстві є створення інтелектуальних систем моніторингу технічного стану та діагностування обладнання. Ці системи, використовуючи дані з датчиків, встановлених на локомотивах, дозволяють в режимі реального часу відстежувати ключові параметри роботи обладнання, виявляти аномалії та прогнозувати потенційні відмови обладнання.

Завдяки можливостям машинного навчання та аналізу великих даних, інтелектуальні системи моніторингу здатні не тільки виявляти відхилення від норми, але й визначати їх причини, прогнозувати залишковий ресурс обладнання та формувати рекомендації щодо оптимальних термінів та обсягів технічного обслуговування. Це дозволяє перейти від планово-попереджувального ремонту до обслуговування за фактичним станом (Predictive Maintenance), що значно

підвищує ефективність використання локомотивного парку, знижує витрати на ремонт та мінімізує ризики непланових простоїв [1,2].

Важливим аспектом впровадження Industry 4.0 є використання цифрових двійників локомотивів та локомотивних депо. Цифровий двійник, будучи віртуальною копією реального об'єкта, дозволяє проводити різноманітні симуляції та експерименти без ризику для реального обладнання. Це відкриває широкі можливості для оптимізації роботи локомотивного депо, планування ремонтних робіт, управління запасами, навчання персоналу та підвищення ефективності логістичних процесів [2].

Впровадження технологій Industry 4.0 в локомотивному господарстві не обмежується лише сферою технічного обслуговування. Інтелектуальні системи знаходять своє застосування і в управлінні рухом поїздів, оптимізації маршрутів, підвищенні енергоефективності та безпеки руху.

Системи автоведення поїздів, що базуються на технологіях машинного зору та штучного інтелекту, здатні самостійно розпізнавати сигнали світлофорів, виявляти перешкоди на шляху прямування та керувати рухом поїзда, забезпечуючи максимальну безпеку та ефективність перевезень.

Впровадження інтелектуальних систем управління енергоспоживанням локомотивів, що враховують профіль колії, вагу поїзда, швидкість руху та інші фактори, дозволяє оптимізувати режими роботи тягових двигунів, зменшити споживання палива та електроенергії, а також знизити шкідливі викиди в атмосферу.

Впровадження Industry 4.0 в локомотивному господарстві - це не просто модернізація, а справжня трансформація, що веде до створення інтелектуальної залізниці майбутнього. Ця залізниця буде характеризуватися високою ефективністю, безпекою, надійністю та екологічністю, що дозволить їй успішно конкурувати з іншими видами транспорту та забезпечити сталий розвиток транспортної галузі.

[1] Implementing Intelligent Monitoring of the Technical Condition of Locomotive Hydraulic Transmissions / Boris Bodnar, Oleksandr Ochkasov, Viačeslav Petrenko, Michail Martishevskij // TRANSBALTICA XIII: Transportation Science and Technology : Proc. of the 13th Intern. Conf., Sept. 15–16, 2022, Vilnius, Lithuania. – Cham : Springer, 2023. – P. 726–736. – DOI: 10.1007/978-3-031-25863-3_70. – (Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure).

[2] Lee, J., Ni, J., Singh, J., Jiang, B., Azamfar, M., and Feng, J. (August 18, 2020). "Intelligent Maintenance Systems and Predictive Manufacturing." ASME. J. Manuf. Sci. Eng. November 2020; 142(11): 110805. <https://doi.org/10.1115/1.4047856>

[3] Ochkasov, O. Approaches to Improving the Locomotive Maintenance Organization System Through the Introduction of Reliability Centered Maintenance / Ochkasov O., Ocheretniuk M., Petrenko V. // Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. – Cham, 2024. – Pt. F2296 : TRANSBALTICA XIV: Transportation Science and Technology : Proc. of the 14th Intern. Conf., Sept. 14–15, 2023, Vilnius, Lithuania. – P. 604–613. – DOI: 10.1007/978-3-031-52652-7_60

**ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОВГОВІЧНОСТІ
АГРЕГАТІВ МОБІЛЬНИХ МАШИН**

**JUSTIFICATION OF THE MODEL FOR OPTIMIZING THE DURABILITY
OF MOBILE MACHINE UNITS**

*докт. техн. наук С. В. Воронін,
канд. техн. наук В. О. Мазепа,*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

**S. V. Voronin, D.Sc. (Tech),
V. O. Mazepa, PhD (Tech.)**

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Ефективність експлуатації парків мобільних машин залежить від науково обґрунтованої комбінації технічних, технологічних та організаційних факторів, значення яких слід підтримувати на певному раціональному рівні, відповідно до обраної моделі оптимізації.

Існуючі моделі оптимізації довговічності засновані на аналізі цільових функцій, що встановлюють зв'язок критеріїв економічної ефективності з технічними показниками машини або окремого агрегату при обраній системі ТО. Економічними критеріями можуть бути загальні питомі експлуатаційні витрати [1-3] або сукупний дохід від роботи машини, або її економічна ефективність за певних умов підтримання якості [4]. В будь якому випадку ресурс технічної системи, як головний показник довговічності, прийме своє оптимальне значення в точці мінімуму загальних питомих витрат на придбання машини та підтримку її працездатного стану, як показано на рис. 1.

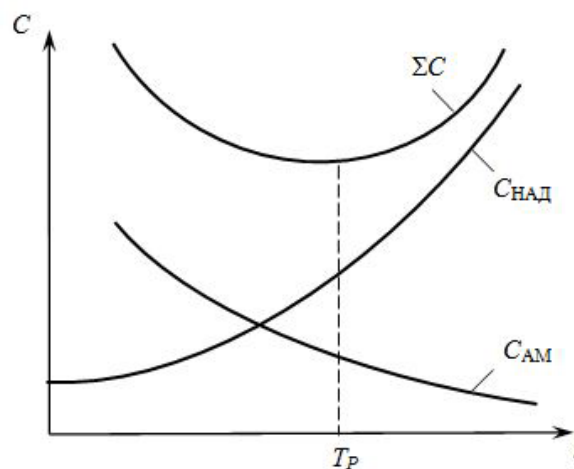


Рис. 1. Визначення раціонального ресурсу за питомими витратами [1, 3]:
 ΣC – загальні питомі витрати; $C_{НАД}$ – питомі витрати на підтримку працездатного стану;
 C_{AM} – питомі витрати на придбання (амортизація)

Головними статтями експлуатаційних витрат підприємств з експлуатації мобільних машин є витрати на заробітну плату, енергоносії, мастильні матеріали, технічні обслуговування (ТО) та ремонти (Р), заміну швидкозношуваних елементів. Згідно аналізу попередніх досліджень та досвіду експлуатації підприємств найбільша невизначеність, особливо при експлуатації великих парків різнотипних машин, формується під час розрахунку витрат на мастильні матеріали і швидкозношувані елементи, а також пов'язані з ними витрати на ТО і Р. Це спричинено складністю виявлення та врахування дійсних закономірностей зношування деталей машин, характер яких залежить від матеріалів, умов роботи та якості мастильних матеріалів. На рис. 2 наведені типові закономірності зношування деталей машин.

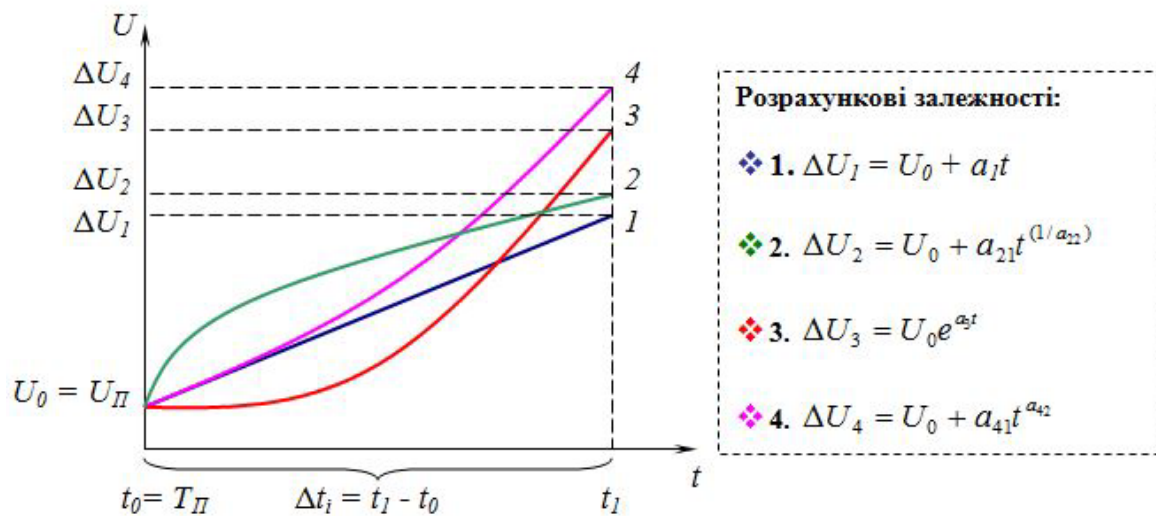


Рис. 2. Дійсні закономірності зношування на стадії нормальної роботи

Імовірність розвитку зношування за кожною з представлених на рис. 2 закономірностей залежить від конструкції та умов роботи агрегату. Однак, згідно накопиченого досвіду, найбільш типовою для більшості деталей машин, які працюють при терті з мастильним матеріалом, є ступенева залежність 4.

Таким чином, обрання характеру типової закономірності зношування із врахуванням впливу на неї якості мастильних матеріалів та періодичності їх заміни дозволить провести оптимізацію системи ТО і Р парків мобільних машин по обраному критерію оптимізації, яким є мінімум експлуатаційних витрат, а саме питомих витрат на підтримку працездатного стану машини чи її окремих агрегатів.

[1] Shengdun Zh. Design and experimental studies of a novel double-row radial piston pump / Zh. Shengdun, T. Guo, Y. Yu and oth. // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, 2015. – Vol. 231(10). – pp. 1884–1896. DOI: 10.1177/0954406215623309.

[2] Rahman F. Optimization maintenance performance level through collaboration of overall equipment effectiveness and machine reliability / F. Rahman., S. Sugiono, A.A. Sonief, O. Novareza // Journal of Applied Engineering Science, 2022. – Vol. 20(3). – pp. 1-20. DOI: 10.5937/jaes0-35189.

[3] Шейнин А.М., Шейнин В.А. Алгоритмы и программы решения оптимальных задач надежности машин. – М.: МАДИ, 1981. – 112 с.

[4] Farahani A. An integrated optimization of quality control chart parameters and preventive maintenance using Markov chain / A. Farahani, H. Tohidi, A. Shoja // Advances in Production Engineering & Management, 2019. – Vol. 14(1), pp. 5–14. DOI: 10.14743/apem2019.1.307.

**ВИЗНАЧЕННЯ І ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАПАСІВ ДЛЯ ФУНКЦІОНУВАННЯ
РЕМОНТНОГО ГОСПОДАРСТВА ЛОКОМОТИВНОГО ДЕПО**

**DETERMINATION AND OPTIMIZATION OF INVENTORIES FOR THE
FUNCTIONING OF THE REPAIR MANAGEMENT OF THE LOCOMOTIVE
DEPOT**

*докт. техн. наук О. С. Крашенінін,
канд. техн. наук О. М. Обозний,
магістранти В. С. Белянінов, Д. С. Зубко,
Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

*O. S. Krashenin, D.Sc. (Tech.),
O. M. Oboznyi, PhD (Tech.),
V. S. Belianinov, D. S. Zubko, master students
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Ремонтне господарство локомотивних депо досить часто обмежене або навіть не має запасних частин і матеріалів одного найменування і в той же час має надлишок запасних частин іншого найменування.

В умовах дефіциту або відсутності запасних частин в депо виникає вимушений простій локомотивів, що приводить до збитків депо.

В іншому випадку, коли є надлишок запасних частин, це приводить до збитків через збільшення витрат на їх збереження.

Одна з причин, що приводить до такого стану, це відсутність обґрунтованих методів визначення потреби в запасних частинах.

Тому величина запасів необхідної номенклатури за плановий період $T_{пл}$ роботи локомотивів експлуатаційного парку N повинна відповідати рівню надійності цього обладнання і їх фактичній потребі.

Задача полягає в тому, щоб визначити, яку кількість запасів кожного найменування обладнання S необхідно мати при умові забезпечення мінімуму витрат на їх придбання, збереження надлишкових запасів і втрати у випадку дефіциту.

Коли запас відповідного найменування обладнання дорівнює S , тоді дефіцит їх складає $(m - S)$, а профіцит $(S - m)$, де m – кількість обладнання, що відмовило за період $T_{пл}$.

Тоді витрати і втрати депо через придбання профіциту і дефіциту запасів даного типу визначається виразами [1, 2]

$$C_{СП} = C_{ц} \sum_{m=0}^n m P_{m,n} ; \quad (1)$$

$$C_{Snp} = (C'_y - C_{зб}) \sum_{m=0}^{S-1} (S-m) P_{m,n}; \quad (2)$$

$$C_{S\delta} = C_\delta \sum_{m=S+1}^n (m-S) P_{m,n}, \quad (3)$$

де C_y – ціна однієї одиниці обладнання;

C'_y – втрати від недовикористання одиниці обладнання за період T_{nl} ;

$C_{зб}$ – витрати на збереження обладнання за період T_{nl} ;

C_δ – втрати від дефіциту одиниці обладнання;

$P_{m,n}$ – ймовірність того, що відмовить рівно m одиниць обладнання одного найменування за період T_{nl} , що визначається за формулою Пуассона.

$$P_{m,n} = \frac{(P_3 \cdot n)^m}{m!} e^{-P_3 \cdot n}, \quad (4)$$

де $n = kN$ – кількість обладнання даного типу на N локомотивах;

k – кількість обладнання на локомотиві;

P_3 – середня частота заміни кожної одиниці обладнання.

Відносні питомі витрати через всі складові витрат мають вигляд

$$U_S = 1 + \frac{V_S - P_3}{\gamma_{np} - \gamma_\delta} \left[F_0 \left(\frac{V_3 - P_3}{\sqrt{P_3/n}} \right) - \frac{\gamma_\delta}{\gamma_{np} + \gamma_\delta} \right], \quad (5)$$

де $\gamma_{np} = \frac{C'_y + C_{зб}}{C_y}$, $\gamma_\delta = \frac{C_\delta}{C_y}$, $V_S = \frac{S}{n}$.

Мінімізуючи функцію U_S , можна визначити оптимальне значення V_{S0} .

$$S_0 = V_{S0} \cdot n \quad (6)$$

Реалізацію цієї задачі зручно представляти у графічному вигляді, задаючись отриманими статистичними і обліковими даними.

За цією методикою визначаються оптимальні запаси обладнання локомотивів з урахуванням конкретних умов експлуатації локомотивів.

[1] Крикавський, С. В. Логістичне управління. – Львів: Львівська політехніка, 2005. – 683 с.

[2] Перебийніс, В.І. Логістичне управління запасами на підприємствах : монографія /В.І. Перебийніс, Я.А. Дроботя. – Полтава: ПУЕТ, 2012. – 279 с.

**ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЗЕРВІВ СТРУКТУРНИХ ПІДРОЗДІЛІВ
РЕМОНТНОГО ГОСПОДАРСТВА ЛОКОМОТИВНИХ ДЕПО**

**JUSTIFICATION OF RESERVES OF STRUCTURAL SUBDIVISIONS OF
THE REPAIR MANAGEMENT OF LOCOMOTIVE DEPOTS**

*докт. техн. наук О. С. Крашенінін,
канд. техн. наук О. М. Обозний,
магістранти Я. О. Головко, Д. Т. Петров*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*O. S. Krashenin, D.Sc. (Tech.),
O. M. Oboznyi, PhD (Tech.),
Ya.O. Golovko, D.T. Petrov, master students
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Від стабільної і надійної роботи ремонтного господарства суттєво залежить ефективність роботи рухомого складу. В свою чергу це визначає необхідність формування такої структури ремонтних дільниць, яка функціонує надійно і забезпечує високий рівень виконання ремонтних заходів.

Ремонтна інфраструктура локомотивного депо розглядається як система, яка складається з кількох підрозділів (ступенів), в яких функціонує m компонент m_j (устаткування, стенди, верстати тощо).

При цьому ефективність функціонування будь-якого j -го ступеня будемо оцінювати ймовірністю $\varphi_j(m_j)$

Як обмеження приймається вартість C і вага чи об'єм, потужність.

Тоді сумарні вартість і вага задаємо виразами

$$\begin{cases} C_N = \sum_{j=1}^N C_j m_j \\ W_N = \sum_{j=1}^N \omega_j m_j \end{cases} \quad (1)$$

Пошук оптимального рішення задачі формування m_j компоненти в кожній ступені j полягає в максимізації загальної надійності

$$P_N = \prod_{j=1}^N \varphi_j(\omega_j) \rightarrow \max \quad (2)$$

за всіма обмеженнями

$$m_j = 0, 1, \dots, N \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^N C_j m_j < C \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^N \omega_j m_j < \omega \quad (5)$$

Пошук оптимального рішення розглядається у вигляді, вводячи множник Лагранжа

$$P_N \left(\prod_{j=1}^N \varphi_j(m_j) \right) e^{-\lambda \sum m_j \cdot \omega_j} \rightarrow \max \quad (6)$$

за всіма m_j , що задовольняють обмеженням (3) та (4).

Припускаючи $f_N(C)$ рівною цьому максимальному значенню, отримуємо рекурентне співвідношення

$$f_N(C) = \max_{0 \leq m_N \leq \lfloor C/C_N \rfloor} \left[\varphi_N(m_N) e^{-\lambda \sum m_N \cdot \omega_N} f_{N-1}(C - m_N \cdot C_N) \right] \quad (7)$$

для $N = 2, 3, \dots, j$ і співвідношення

$$f_1(C) = \max_{0 \leq m_1 \leq \lfloor C/C_1 \rfloor} \left[\varphi_1(m_1) e^{-\lambda \sum m_1 \cdot \omega_1} \right] \quad (8)$$

Методика реалізована для обґрунтування потрібності потокової лінії з розбирання тягових електродвигунів локомотивів.

[1] Гриньова, В.М. Організація виробництва: навч. посіб. / В.М. Гриньова, М.Н. Салун. – Харків: ВД "ІНЖЕК", 2005. – 552 с.

[2] Василенко, В.О. Виробничий (операційний) менеджмент: навч. посіб. / В.О. Василенко, Т.І. Ткаченко; за ред. В.О. Василенка. – Київ: ЦУЛ, 2003. – 532 с.

ЛОКОМОТИВИ З ДВОРЕЖИМНИМ ЖИВЛЕННЯМ

LOCOMOTIVES WITH DUAL-MODE POWER SUPPLY

*канд. техн. наук Л. В. Овер'янова,
канд. техн. наук Є. С. Рябов,
О. І. Плютін, В. С. Немашколо
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)*

*L. Overianova, PhD (Tech.),
Ie. Riabov, PhD (Tech.),
O. Plyutin, V. Nemashkalo
National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)*

Євроінтеграційні прагнення України передбачають суттєві заміни у транспортній галузі. Ключовими завданнями є переорієнтація вантажних перевезень на залізничний транспорт, оновлення рухомого складу для пасажирських перевезень, заміна видів транспорту з вуглецевими викидами, просування “зелених” видів транспорту, розвиток високошвидкісного залізничного руху тощо [1]. Досягнення цих завдань передбачає використання на залізницях високотехнологічного та енергоефективного рухомого складу.

На сьогоднішня локомотивний парк АТ «Укрзалізниця» потребує докорінного оновлення. Перспективними для впровадження вбачаються локомотиви з дворезимним живленням, які можуть працювати як від контактної мережі, так і від дизель-генератора.

Застосування сучасних локомотивів з дворезимним живленням в порівнянні з технологією експлуатації однорезимних локомотивів забезпечує:

- підвищення ефективності експлуатації локомотивів завдяки «покриттю» одним локомотивом електрифікованих та неелектрифікованих ділянок;
- підвищення безпеки руху через наявність подвійної тягової системи, що забезпечить рух в разі відсутності струму в мережі живлення;
- спрощення обслуговування маршрутів, на яких є електрифіковані та неелектрифіковані ділянки;
- гнучкість системи організації експлуатаційної роботи завдяки «універсальності» застосування парку у випадку вантажно-пасажирських локомотивів;
- запровадження альтернативних маршрутів руху вантажних та пасажирських потягів, що в свою чергу призведе до підвищення пропускнуєї спроможності залізниці та ефективності перевезень;
- спрощення маневрових операцій при доставці цільових маршрутів від дверей до дверей до портів та терміналів, а також зміну маршруту;

- зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище;
- можливість зменшення рівня шуму.

Ці переваги забезпечують зменшення витрат на паливно-енергетичні ресурси, скорочують час руху поїзду, знижують негативний вплив на навколишнє середовище.

В залежності від потреб конкретного перевізника, такі локомотиви можуть бути вантажними, пасажирськими або вантажо-пасажирськими, а їх технічні параметри повинні забезпечувати рух із встановленими швидкостями.

Аналіз показує, що практично всі локомотиви з дворежимним живленням створені із застосуванням серійного обладнання, яке використовується при виробництві серійних локомотивів. Це забезпечує уніфікацію вузлів, що сприяє зниженню вартості виробництва, обслуговування та ремонту.

До технологій енергозбереження, які застосовані на локомотивах, можна віднести використання дводизельних енергетичних установок при роботі, рекуперацію при русі із живленням від контактної мережі, енергоефективне керування тяговим асинхронним електроприводом та допоміжними системами.

Подальшого підвищення ефективності локомотивів з дворежимним живленням можна досягти шляхом застосування у їх тягових системах накопичувачів енергії замість дизель-генераторних установок або разом з ними. Це дозволить акумулювати енергію у режимах електродинамічного гальмування та використовувати її в тягових режимах. У випадку використання plug-in накопичувача енергії можливе застосування дизельного двигуна невисокої потужності. Заряджання plug-in накопичувача може здійснюватися при русі під контактною мережею або від стаціонарного джерела енергії. Замість дизельного двигуна можуть використовуватися газопоршневі двигуни, поршневі двигуни для біопального, водневі поршневі двигуни, паливні комірки та джерела інших типів.

Отже, застосування локомотивів з дворежимним живленням є перспективним для оновлення локомотивного парку.

[1] Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року, схвалена Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. №430-р <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80#Text>

**ВИЗНАЧЕННЯ ТИПУ ПРИВОДУ КОЛІСНИХ ПАР ДЛЯ ТЯГОВОГО
РУХОМОГО СКЛАДУ ПРОМИСЛОВИХ КАР'ЄРНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ**

**DETERMINATION OF THE TYPE OF DRIVE OF WHEEL PAIRS FOR
TRACTION ROLLING STOCK OF INDUSTRIAL QUARRY RAILWAYS**

*канд. техн. наук Є. С. Рябов¹, С. В. Рой^{1,2},
В. О. Яготін^{1,2}, А. Є. Прокопов^{1,2}*

*¹Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут» (м. Харків)*

²ТОВ «МТРЗ» (м. Миколаїв)

*Ie. Riabov¹, PhD (Tech.), S. Roi^{1,2},
V. Yahotin^{1,2}, A. Prokopov^{1,2}*

*¹National Technical University
«Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv)*

²LLP «MLRP» (Mykolaiv)

На вітчизняних гірничо-видобувних підприємствах для транспортування залізної руди та продуктів її перероблення використовується залізничний транспорт. Для водіння поїздів застосовується як спеціалізований тяговий рухомий склад – тягові агрегати ОПЕ1А(М) та ПЕ2У(М), так і серійні тепловози 2ТЕ10в/і, 2ТЕ116 та маневрово-вивізні тепловози ТЕМ7.

Аналіз експлуатаційних даних показує, що рухомий склад експлуатується у режимах, які достатньо суттєво відрізняються від проектних. Це відбувається як внаслідок невідповідності умов експлуатації показникам тягового рухомого складу, так і невідповідності характеристик рухомого складу тій поїзній роботі, яку він виконує. Одним з наслідків цього є тривала робота рухомого складу у граничних режимах з підвищеним споживанням паливно-енергетичних ресурсів. Також, експлуатація тягового рухомого складу в режимах значного навантаження суттєво скорочує термін напрацювання його складових і призводить до збільшення обсягу ремонтних робіт та витрат при технічному обслуговуванні. Крім того, збільшення зносу деталей в наслідок використання рухомого складу в режимах, що зазначені вище, підвищує ризики виникнення несправностей і навіть аварій.

Зважаючи на тривалі терміни експлуатації виникає необхідність оновлення тягового рухомого складу промислових кар'єрних залізниць. Як зазначалося вище, ключовим у цьому є врахування фактичних умов експлуатації. Іншим важливим аспектом є застосування технічних рішень, які не потребують значних капітальних затрат.

Традиційним для тягового рухомого складу є індивідуальний привід колісних пар. У цьому випадку кожна колісна пара приводить у рух окремим електродвигуном. Для забезпечення високих тягових властивостей його живлення і керування також має здійснюватися індивідуально.

Альтернативним рішенням є застосування групового приводу колісних пар. У цьому випадку один електродвигун приводить у рух декілька механічно зв'язаних колісних пар. Мономоторні візки застосовано на магістральних електровозах європейських країн (рис.1). В Україні модернізовано тепловоз ТГМ6 із застосуванням електричного приводу при збереженні групового приводу колісних пар [1].

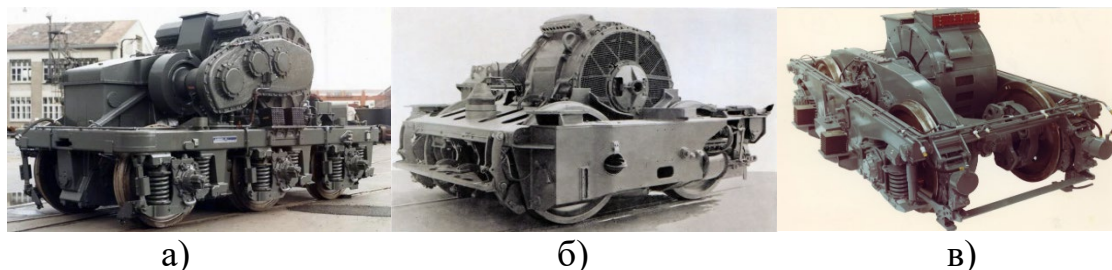


Рис.1. Мономоторні візки:

а) візок електровозу серії СС40100, б) візок електровозів серії ВВ8500, ВВ17000 та ВВ25500, в) візок електровозу ВЛ83

Аналіз та порівняння індивідуального та групового тягового приводу колісних пар показує наступні переваги групового приводу [1, 2]:

- використовується менша кількість обладнання;
- має нижчу вартість;
- має нижчу трудомісткість обслуговування та ремонтів;
- екіпажна частина локомотиву з груповим приводом колісних пар має меншу масу, моменти інерції та розміри;
- забезпечує вищий коефіцієнт зчеплення;
- має меншу схильність до боксування та юзу в умовах нестабільності зчеплення колеса з рейкою;
- має менший динамічний вплив на залізничний шлях;
- забезпечує краще вписування локомотива в криві ділянки шляху.

До недоліків групового приводу колісних пар відносять:

- нижчий коефіцієнт корисної дії;
- збільшення опору рухові;
- зменшення статичного прогину ресорного підвішування;
- більш високі вимоги до технічного обслуговування;
- значні динамічні навантаження у нестационарних режимах роботи;
- підвищенні вимоги до діаметрів колісних пар.

Як бачимо, груповий привід колісних пар має суперечливі властивості. Однак вказані переваги у вигляді меншої вартості приводу та можливості реалізації високих тягових зусиль без додаткових пристроїв є значущими. Тому використання групового приводу колісних пар вбачається доцільним.

[1] Рой, С., Качан, А., Тихонов, А., Якунін, Д., & Рябов, С. (2023). Застосування тягового електроприводу при модернізації тепловозу ТГМ6. Вісник Приазовського Державного Технічного Університету. Серія: Технічні науки, (46), 93–102. <https://doi.org/10.31498/2225-6733.46.2023.288177>

[2] Рябов С.С., Єрціян Б.Х., Якунін Д.І., Демидов О.В. Маневровий локомотив з електричною передачею потужності та груповим приводом колісних пар. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей ХХХ міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2022, м. Харків, 19-21 жовтня 2022 р. Харків: НТУ «ХПІ». С. 179.

ОТРИМАННЯ ІНФОРМАТИВНИХ СКЛАДОВИХ ВІБРАЦІЙНОГО СИГНАЛУ ПІДШИПНИКА КОЧЕННЯ МЕТОДОМ АККУГРАМИ

EXTRACTION OF INFORMATIVE COMPONENTS OF THE VIBRATION SIGNAL OF ROLLING BEARING BY ACCUGRAM APPROACH

*канд. техн. наук С. В. Михалків,
аспіранти К. С. Бондаренко,
О. В. Кофанов*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*S. Mykhalkiv, PhD (Tech.),
K. Bondarenko,*

O. Kofanov, postgraduate students

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Вібраційний відгук тісно пов'язаний із різними видами пошкоджень обладнання, яке перебуває в експлуатації. Тому методи вібродіагностування привертають до себе пильну увагу впродовж останніх років. Серед цих методів спектральний аналіз відіграє ключову роль будівничого залежності між пошкодженнями та асоційованих із ними ознак. Однак частоти, які пов'язують з пошкодженнями зазвичай модулюються до високих частот. Тому ефективність діагностування суттєво зростає, якщо розв'язати проблему вибору частотної смуги з ознаками пошкоджень із широкосмугового спектра. Запропоновані в [1, 2] методи з вибору інформативної частотної смуги можуть демонструвати високу точність, однак вони також чутливі до збурень, які не пов'язані з наявними пошкодженнями, що робить обрані смуги хибними та спричиняє викривлення подальших результатів. Із [3] відомо, що обрання частотної смуги має брати до уваги наявність імпульсів, циклостаціонарності та відомостей про характеристики справного стану. Однак, попередні дослідження оминали згаданий третій аспект, детально зосереджуючись на перших двох. Тому впровадження інформації про справний стан вузла, що зазнає діагностування дозволить здійснити вибір інформативної частотної смуги, спираючись на оцінки чутливості трьох аспектів. У методі аккуграми інформативна частотна смуга зареєстрованого сигналу вузла, що діагностується визначається завдяки її відмінності від сигналу, який відповідає справному вузлу і відповідає найвищій точності класифікації [3].

Для пошуку ознак пошкоджень сепаратора роликів підшипник кочення встановлювався на стенд і внутрішнє кільце розкручувалось до частоти $f_{об} = 735$ об/хв. Реєстрація вібраційного сигналу відбувалась віброакселерометром із верхнім частотним діапазоном 12 кГц. Після проходження аналогового низькочастотного фільтру із частотою зрізу 12 кГц вібраційний сигнал у цифровому самописці зазнавав дискретизації аналого-

цифровим перетворювачем на частоті $f_s = 46$ кГц. Попередньо також був записаний вібраційний сигнал справного підшипника. Побудована аккуграма (рис. 1) визначила центральну частоту максимального значення інтегрованого індикатора $f_c = 10421,88$ Гц і ширину частотної смуги $B_w = 239,58$ Гц. На побудованому квадратичному спектрі обвідної вібрації в околицях згаданої частоти (рис. 2) чітко простежуються гармоніки частоти обертання сепаратору ($f_{сеп} = 5$ Гц).

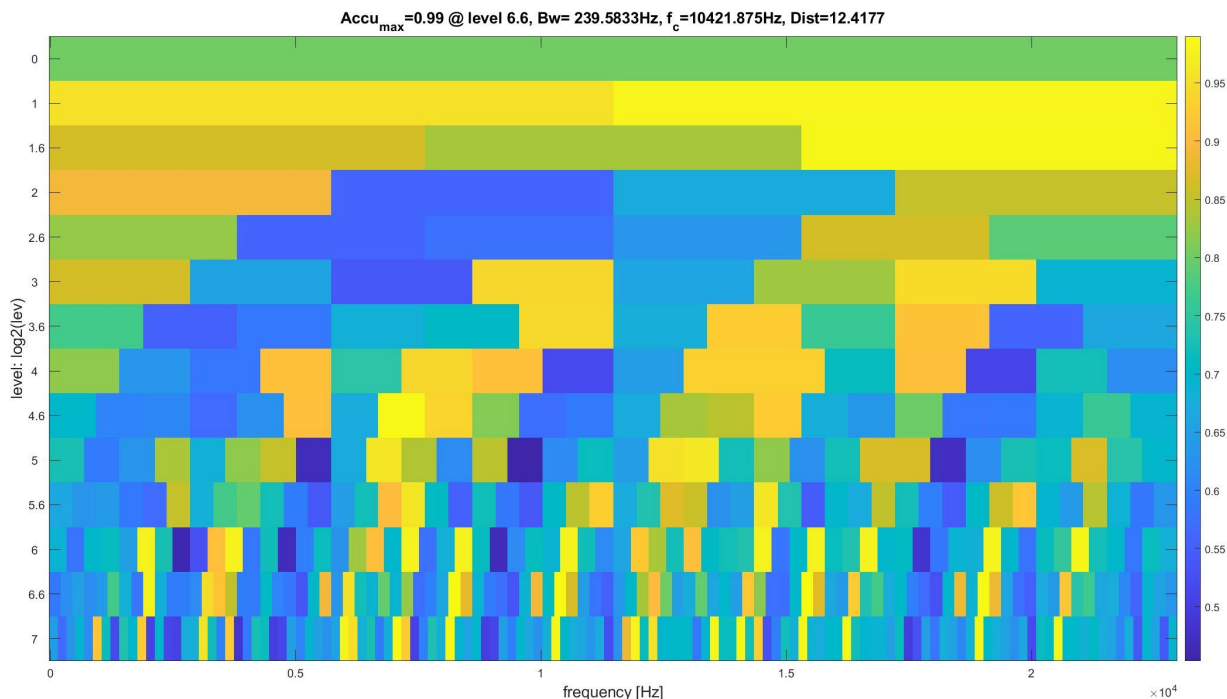


Рис. 1. Побудована аккуграма в частотному діапазоні $f_s/2$

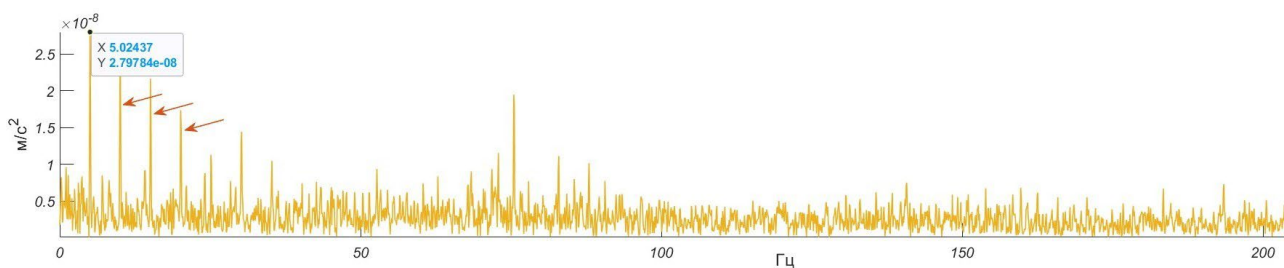


Рис. 2. Квадратичний спектр обвідної вібрації із ознаками пошкодження сепаратору

Отже, завдяки інтеграції імпульсних складових, ознак циклостационарності та рис задовільного технічного стану об'єкта діагностування, метод аккуграми уможливорює виділяти діагностичні ознаки пошкоджень елементів механічних вузлів.

[1] Antoni J. Fast computation of the kurtogram for the detection of transient faults. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2007. Vol. 21(1). P. 108 — 124. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2005.12.002>

[2] Barszcz T., Jabłoński A. A novel method for the optimal band selection for vibration signal demodulation and comparison with the Kurtogram. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2011. Vol. 25(1). P. 431 — 451. <https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2010.05.018>

[3] Liu Z., Jin Y., Zuo M. J., Peng D. ACCUGRAM: A novel approach based on classification to frequency band selection for rotating machinery fault diagnosis. *ISA Transactions*. 2019. Vol. 95. P. 346 — 357. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2019.05.007>

ОСОБЛИВОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ

FEATURES OF THE OPERATION OF HIGH-SPEED ROLLING STOCK UNDER THE CONDITIONS OF THE MILITARY STATE

*канд. техн. наук А. Л. Сумцов,
магістрант О. В. Волков*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*A. Sumtsov, PhD (Tech.),
O. Volkov, master student*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Станом на сьогодні в Україні сформовано основну мережу швидкісних маршрутів для високошвидкісного залізничного рухомого складу (Рис. 1), налаштована та підтримується комплексна система сервісного обслуговування та ремонту міжрегіональних двосистемних електропоїздів. Десять міжрегіональних електропоїздів HRCS2 виробництва компанії «Hyundai Rotem Corporation», два електропоїзди EJ 675 виробництва компанії Skoda Vagonka та два міжрегіональні електропоїзди ЕКр1 «Тарпан» виробництва ПАТ «КВБЗ» знаходяться в постійній, стійкій експлуатації з пробігами більше 2 млн км. Річний пробіг кожного електропоїзда становить від 300 000 до 350 000 км. Багаторічна експлуатація міжрегіональних двосистемних електропоїздів підвищеної комфортності показала свою ефективність і затребуваність у пасажирів [1, 2].

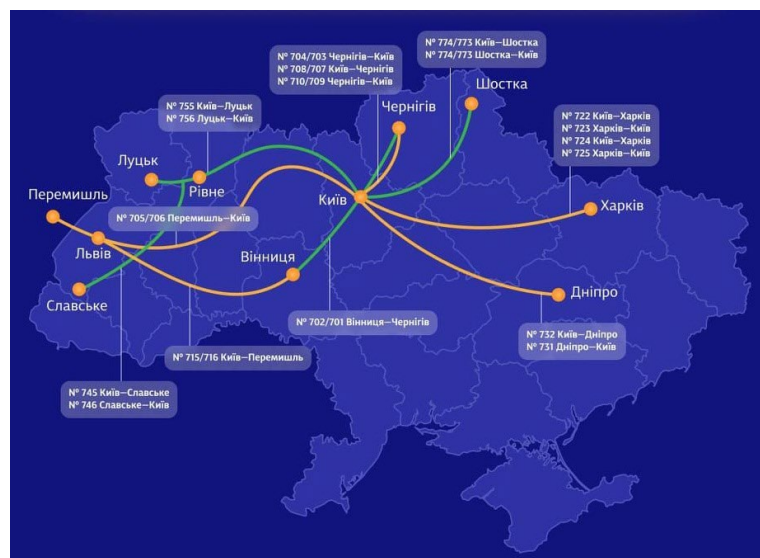


Рис. 1. Маршрути курсування поїздів Інтерсіті та Інтерсіті+ на території України

Одним з випробувань для високошвидкісного залізничного руху та всієї країни стала військова агресія російської федерації. Внаслідок бойових дій,

розпочатих ворожою армією, починаючи з кінця Лютого 2022 року країна страждає від частих артилерійських, ракетних, авіаційних ударів та масових атак безпілотними літальними апаратами.

Внаслідок ворожих дій суттєвим пошкодженням піддаються об'єкти залізничної, цивільної та енергетичної інфраструктури. Це в свою чергу суттєво впливає на комфорт та безпеку при користуванні залізничним транспортом, оскільки мають місце серйозні затримки призначених приміських та пасажирських поїздів. У перші дні війни, коли розпочались активні бойові дії, багато поїздів були затримані або взагалі скасовані. Наприклад, рух поїздів до Харкова та Сум був обмежений інколи частково зупинений через загрозу артобстрілів [3].

Коли почались масовані ракетні обстріли критичної інфраструктури, затримки поїздів Інтерсіті стали частішими. Наприклад, у жовтні 2022 року кілька поїздів на маршруті Київ—Львів зазнали затримок через проблеми з електропостачанням у регіонах, які постраждали від атак [4].

Загалом, у різний період часу починаючи з кінця Лютого 2022 року і по сьогодні інфраструктура та народ нашої країни страждає від періодичних атак загарбницької країни. В результаті цих атак низки поїздів Укрзалізниці змушені курсувати зі змінами в графіках руху, в ряді випадків затримки бувають менше години, але не рідко вони складають більше ніж декілька годин [5 – 7].

В такій ситуації використання тепловозної тяги є чи не єдиним альтернативним варіантом, що забезпечує підтримання руху поїздів далекого сполучення та процес перевезення пасажирів.

Враховуючи те, що масштаби уражень після атак можуть бути різні слід розуміти, що для оперативного подолання наслідків кризи необхідне застосування якомога більшої кількості магістральних тепловозів. Тому в умовах існуючої ситуації повинні бути розроблені та прийняті комплексні рішення щодо підтримання існуючих та відновлення до працездатного стану законсервованих тепловозів, які є на балансі Укрзалізниці.

[1] Теорія та конструкція рухомого складу високошвидкісного транспорту : підручник / С. В. Панченко, О. Б. Бабанін, А. О. Каграманян, Ю. М. Дацун. – Харків : УкрДУЗТ, 2018. – 363 с.

[2] Особливості розвитку вітчизняного денного швидкісного руху [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kvsz.com/index.php/ua/pres-sluzhba/item/2647-osoblyvosti-rozvytku-vitchyznianoho-dennoho-shvydkisnoho-rukhu>. – Назва з екрана.

[3] Офіційний канал Укрзалізниці: інформація щодо роботи компанії, руху поїздів, інші важливі події залізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://t.me/s/UkrzallInfo?before=3683>. – Назва з екрана.

[4] Укрзаліниця про затримку 37 потягів [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://espresso.tv/ukrzaliznitsya-poperedila-pro-zatrimku-37-potyagiv>. – Назва з екрана.

[5] Понад 10 поїздів затримуються через ворожі атаки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.railinsider.com.ua/ponad-10-poyizdiv-zatrymuysya-cherез-vorozhi-ataky/>. – Назва з екрана.

[6] "Укрзаліниця" попередила про затримку низки потягів через атаку рф по Україні: подробиці [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://tsn.ua/ato/ukrzaliznitsya-poperedila-pro-zatrimku-nizki-potyagiv-через-ataku-rf-po-ukrayini-podrobici-2540902.html>. – Назва з екрана.

[7] Укрзаліниця оновила графік запізень потягів після обстрілу росіянами залізничної інфраструктури [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://espresso.tv/na-ranok-5-travnja-v-ukraini-zapiznyuyutsya-46-pasazhirkikh-potyagiv-perelik>. – Назва з екрана.

**ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СИСТЕМ ДІАГНОСТУВАННЯ ХОДОВИХ
ЧАСТИН ТЯГОВОГО РУХОМОГО СКЛАДУ**

**PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF TRACTION ROLLING
STOCK DIAGNOSTIC SYSTEMS**

*канд. техн. наук А. Л. Сумцов,
магістрант Д. К. Білоус*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. Sumtsov, PhD (Tech.),

D. K. Bilous, master student

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Діагностика ходової частини швидкісних поїздів відіграє ключову роль у забезпеченні безпеки, надійності та ефективності залізничного транспорту. Завдяки високим швидкостям і тривалим маршрутам, швидкісні поїзди потребують ретельної оцінки стану коліс, підвіски та інших компонентів ходової системи. Своєчасне виявлення можливих проблем дозволяє уникати аварій і забезпечувати стабільну роботу. Регулярне обстеження ходової частини сприяє підтримці оптимальних параметрів руху, зменшуючи навантаження на інфраструктуру та підвищуючи ефективність експлуатації [1].

Високі стандарти безпеки та ефективності роботи швидкісних поїздів стають досяжними завдяки систематичному та сучасному підходу до діагностики. Перспективи розвитку включають використання дистанційних методів контролю, що базуються на сучасних технологіях. Сенсори, системи штучного інтелекту та машинного навчання забезпечують збір і аналіз даних про стан рухомого складу в режимі реального часу. Це дозволяє виявляти дефекти чи ознаки зносу ще до планового технічного обслуговування, знижуючи витрати та час на ремонт. Такий підхід забезпечує високу надійність руху та безпеку, сприяючи ефективному функціонуванню транспортної системи.

Сучасні технології відкривають можливості для використання систем віддаленого моніторингу, які дозволяють прогнозувати та керувати технічним станом ходової частини. Завдяки аналітичним алгоритмам, побудованим на основі машинного навчання, стає можливим передбачати потенційні відхилення в роботі системи та пропонувати рекомендації щодо планового обслуговування. Це сприяє підвищенню ефективності й продуктивності залізничного транспорту, а також допомагає запобігати аваріям і простоям. Усе це визначає перспективи вдосконалення дистанційних методів діагностики, забезпечуючи стабільну та безпечну роботу швидкісних поїздів [2, 3].

Контроль технічного стану ходової частини під час експлуатації здійснюється за допомогою різних методів і засобів для підтримки безпеки та ефективності залізничного транспорту. Важливим етапом цього процесу є візуальний огляд, що

проводиться на пунктах технічного обслуговування. У ході огляду фахівці оцінюють стан елементів ходової системи, виявляючи можливі дефекти або ознаки зносу.

Система теплового контролю є важливим компонентом сучасного моніторингу стану ходової частини залізничного транспорту, зокрема на залізницях України та інших країн світу. Ця система виконує функцію основного інструменту для контролю буксових вузлів, які є критично важливими елементами у функціонуванні поїздів. Завдяки використанню технологій тепловізійного зображення, система дозволяє виявляти відхилення в температурному режимі, що свідчить про тертя, термічні аномалії чи інші несправності в роботі букс [3, 4].

Тепловий моніторинг забезпечує вчасне виявлення потенційних небезпек, дозволяє уникати перегріву та запобігає втраті контролю над поїздом чи аваріям. Крім того, такий контроль сприяє ефективному плануванню технічного обслуговування та своєчасному ремонту гальмових систем, що є важливим для стабільної та безпечної експлуатації швидкісного рухомого складу.

Акустичні системи контролю стану ходової частини швидкісних поїздів є сучасним інструментом діагностики, що дозволяє виявляти дефекти шляхом аналізу звукових хвиль, які виникають під час руху поїзда. Завдяки обробці та аналізу отриманих даних можна виявляти ранні ознаки пошкоджень, наприклад мікротріщини, зношення чи дисбаланс, ще до того, як вони стануть критичними. Такий підхід значно підвищує рівень безпеки, зменшує ризик аварій та забезпечує своєчасне технічне обслуговування.

Перспективні напрямки використання машинного навчання та штучного інтелекту відкривають нові можливості для діагностики ходової частини швидкісних поїздів, роблячи процес аналізу отриманих даних більш точним і ефективним. Теплові та акустичні методи контролю генерують великий обсяг інформації про стан буксових вузлів, гальмівних дисків та інших компонентів. Алгоритми штучного інтелекту здатні швидко обробляти ці дані, виявляти приховані закономірності та передбачати можливі несправності ще на ранніх стадіях. Це дозволяє не лише оперативного реагувати на виявлені проблеми, але й запроваджувати прогнозне технічне обслуговування, оптимізуючи витрати та знижуючи ризики аварій. Інтеграція машинного навчання з тепловими й акустичними системами моніторингу підвищує рівень автоматизації контролю, забезпечуючи стабільну, безпечну та ефективну роботу швидкісного рухомого складу.

[1] Теорія та конструкція рухомого складу високошвидкісного транспорту: підручник / С.В. Панченко, О.Б. Бабанін, А.О. Каграманян, Ю.М. Дацун. – Харків : УкрДУЗТ, 2018. – 363 с.

[2] Концепція побудови комплексної системи визначення технічного стану рухомого складу: напільні пристрої / І.М. Сіроклин, В.П. Мороз, В.М. Петухов, А.О. Каргін // Заліз. трансп. України. - 2018. - № 2. - С. 13-21.

[3] Інноваційні підходи до діагностики та обстеження ходової частини рухомого складу / Коваленко В.І., Сумцов А.Л., Назаров Ю.Ю. / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : тези стендових доповідей та виступів учасників 36-ї Міжнародної науково-практичної конференції "Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті" (Харків, 16-17 листопада, 2023 р.). – 2023. – № 3 (додаток). – С. 34-35.

[4] Сумцов А. Л., Чигирик Н. Д. Застосування тепловізійного обстеження для економії енергоресурсів в експлуатації тягового рухомого складу / Міжнародна науково-технічна конференція «Енергоефективність на транспорті»: тези доповідей. (18 – 20 листопада 2020р., м. Харків). – Харків: УкрДУЗТ, 2020. – С. 108 – 109.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА СИСТЕМ ПІДТРИМКИ МАШИНІСТА ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

PROSPECTS FOR THE USE OF UNMANNED TECHNOLOGIES AND DRIVER SUPPORT SYSTEMS FOR HIGH-SPEED RAILWAY ROLLING STOCK

*О. М. Харламова, М. Ю. Кудрич,
канд. техн. наук П. О. Харламов*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*O. M. Kharlamova, M. Y. Kudrych,
P. O. Kharlamov, PhD (Tech.)*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасні технології змінюють обличчя транспортної галузі, зокрема залізничного транспорту. Використання штучного інтелекту (ШІ), технологій 5G, LiDAR та периферійних обчислень формує основу для безпілотних технологій і систем підтримки машиніста, що покликані підвищити безпеку, ефективність та комфорт перевезень.

Швидкий розвиток технологій ШІ, 5G та IoT (інтернету речей) забезпечує перехід до інтегрованих інтелектуальних систем. Для високошвидкісного залізничного транспорту ці технології пропонують інноваційні підходи до управління, що включають автоматизацію операцій, моніторинг стану рухомого складу та зменшення людського чинника в процесі експлуатації. Платформи на основі периферійних обчислень дозволяють не тільки збирати дані, але й оперативно обробляти їх, приймаючи рішення без затримок, характерних для централізованих систем [1].

Особливу роль відіграє технологія LiDAR (Light Detection and Ranging), яка дозволяє збирати та аналізувати дані про навколишнє середовище у реальному часі. LiDAR виділяється серед інших технологій як інструмент для забезпечення безпеки та підвищення ефективності залізничного транспорту. Він використовує лазерні промені для вимірювання відстаней з надзвичайно високою точністю, створюючи тривимірну карту середовища. У порівнянні з камерами та радарми, LiDAR значно перевершує їх за кількістю отримуваної інформації, незалежно від умов освітлення чи погоди. Його основними перевагами є:

- Тривимірне визначення об'єктів: забезпечує точну класифікацію об'єктів, вимірювання їхньої відстані, розмірів і швидкості.
- Великий радіус дії: у деяких випадках до 500 метрів.
- Незалежність від освітлення: LiDAR працює однаково ефективно вдень, вночі, в умовах туману чи прямих сонячних променів.

Ці особливості роблять LiDAR ідеальним для таких застосувань, як моніторинг стану колій, аналіз поведінки рухомого складу та забезпечення безпеки на станціях, а також для вирішення таких задач, як:

- дистанційний моніторинг стану рухомого складу: це включає перевірку пантографів, виявлення перешкод та візуальний контроль за допомогою відеоаналітики.
- реалізація безпечного автоматичного керування: за допомогою графічних процесорів створюються системи, здатні підтримувати безперервний контроль за дотриманням швидкості та інтервалу між поїздами.
- інтеграція резервних систем: подвійне резервування даних забезпечує стабільну роботу навіть у разі відмови однієї із систем [2].

Крім того, одним із ключових напрямків впровадження є використання технології V2X (Vehicle-to-Everything), яка забезпечує обмін інформацією між транспортними засобами та інфраструктурою. У контексті залізниць це дозволяє реалізувати складні системи управління рухом та інтеграцію даних про стан рейок, погодні умови та поведінку пасажирів.

Технології 5G забезпечують високу швидкість передачі даних та низьку затримку, що критично важливо для прийняття рішень у режимі реального часу. Це дозволяє створювати більш ефективні системи сигналізації, а також оптимізувати маршрути, підвищуючи безпеку та знижуючи витрати. Інтелектуальні системи управління сприяють автоматизації рухомого складу, такі як ETCS (Європейська система управління рухом поїздів), уже оновлюються до вищих рівнів функціональної безпеки, що дозволяє значно зменшити ризики аварій [3].

Впровадження безпілотних технологій та систем підтримки машиніста відкриває нові горизонти для залізничного транспорту. Інтеграція 5G, периферійних обчислень, LiDAR та ШІ сприяє не лише підвищенню безпеки, а й покращенню якості обслуговування, оптимізації операційних процесів та зниженню витрат. У перспективі ці інновації здатні зробити залізничний транспорт більш екологічним, надійним і конкурентоспроможним у порівнянні з іншими видами перевезень.

[1] Enabling the Future of Smart Transportation through AI, 5G and Edge Computing (2021) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.advantech.com/en/resources/case-study/B7F68703-AD0E-49CB-87FB-BA861CBF51BC#related-stories/> – Заголовок з екрану

[2] Simon C. (2023), The Transformative Power of LiDAR on the railway industry [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://insights.outsight.ai/lidar-technology-a-game-changer/> – Заголовок з екрану

[3] Stein, D. & Spindler, M. & Kuper, J. & Lauer, Martin. (2016). Rail detection using lidar sensors. International Journal of Sustainable Development and Planning. 11. 77-92. 10.2495/SDP-V11-N1-77-92.

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРНИХ УСТАНОВОК АВТОНОМНОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

MODERN TECHNOLOGIES FOR IMPROVING THE DESIGN AND OPERATING MODES OF DIESEL GENERATOR UNITS OF AUTONOMOUS ROLLING STOCK

аспірант А. С. Залата

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. S. Zalata, postgraduate student

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Удосконалення дизель-генераторних установок (ДГУ) автономного рухомого складу є стратегічно важливим напрямом розвитку сучасного залізничного транспорту. На тлі зростання вимог до енергоефективності, надійності та екологічної безпеки виникає необхідність впровадження новітніх технологій, що дозволяють модернізувати конструкцію та режими роботи ДГУ відповідно до викликів ХХІ століття [1].

Сучасні тенденції розвитку дизель-генераторної техніки зосереджуються на застосуванні інтелектуальних систем керування, інтеграції гібридних джерел енергії, використанні альтернативного пального та підвищенні загального коефіцієнта корисної дії. Новітні мікропроцесорні системи керування дозволяють адаптивно регулювати подачу пального та навантаження в режимі реального часу, забезпечуючи стабільну роботу двигуна за змінних умов експлуатації.

Одним з ключових напрямів є впровадження високоточного впорскування пального за допомогою системи Common Rail, що дозволяє зменшити витрати пального на 15–20% та знизити рівень шкідливих викидів до 30% порівняно з традиційними системами. Гібридизація ДГУ з використанням акумуляторних батарей забезпечує ефективну роботу в перехідних режимах і сприяє зниженню динамічних навантажень на основні вузли двигуна.

Також перспективним напрямом є інтеграція систем рекуперації відпрацьованого тепла, що дозволяє збільшити загальний ККД до 45–50%. Застосування воднево-дизельних сумішей або біопального зменшує вуглецевий слід та відповідає актуальним екологічним стандартам [2, 3].

У рамках цифровізації технічного обслуговування пропонується створення цифрового двійника ДГУ – динамічної математичної моделі, яка дозволяє проводити аналіз режимів роботи, прогнозувати знос та планувати технічне обслуговування.

Цифровим двійником є програмна копія реальної дизель-генераторної установки, яка об'єднує дані з датчиків, математичну модель та алгоритми машинного навчання для:

- моніторингу технічного стану;
- прогнозування зносу вузлів;
- оптимізації режимів роботи;
- виявлення несправностей.

Була розроблена спрощена математична модель цифрового двійника ДГУ, яка включає: рівняння енергетичного балансу, модель витрати пального, модель накопиченого зносу, прогноз залишкового ресурсу.

Використання цієї моделі дозволяє створити адаптивну стратегію обслуговування за станом , що мінімізує простої та збільшує загальний термін служби ДГУ.

Таким чином, впровадження новітніх технологій в конструкцію та алгоритми керування дизель-генераторними установками забезпечує не лише підвищення техніко-економічних показників, а й формує передумови для створення цифрової інфраструктури обслуговування автономного рухомого складу.

[1] UN.Kyoto Protocol to the United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto. 1998. Available online: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (accessed on 22 September 2024).

[2] Railway Gazette International. Hybrid Drive Demonstrates 15% Fuel Saving. Available online: <https://www.railway-gazette.com/news/traction-rolling-stock/single-view/view/hybrid-drive-demonstrates-15-fuel-saving.html> (accessed on 22 September 2024).

[3] Peng, H.; Li, J.; Thul, A.; Deng, K.; Ünlübayir, C.; Lowenstein, L.; Hameyer, K. A scalable, causal, adaptive rule-based energy management for fuel cell hybrid railway vehicles learned from results of dynamic programming. *eTransportation* 2020, 4, 100057, doi:10.1016/j.etrans.2020.100057.

СЕКЦІЯ

ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ ЗАСОБІВ ТРАНСПОРТУ І ІНФРАСТРУКТУРИ

UDK 697.326

ANALYTICAL COMPARISON OF SOLID FUEL COMBUSTION EFFICIENCY IN A PULSATING BED

АНАЛІТИЧНЕ ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА В ПУЛЬСУЮЧОМУ ШАРІ

*I. Redko¹, D.Sc. (Tech.), Y. Burda², PhD (Tech.),
E. Novoseltsev¹, S. Shamanov¹, A. Revutska¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

*докт. техн. наук І. О. Редько¹, канд. техн. наук Ю. О. Бурда²,
Є. В. Новосельцев¹, С. О. Шаманов¹, А. М. Ревуцька¹*

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*²Харківський національний університет міського господарства імені
О. М. Бекетова (м. Харків)*

The combustion efficiency of solid fuels in a pulsating bed is a critical factor in optimizing energy generation and minimizing environmental impact. Pulsating combustion technology introduces periodic pressure and velocity fluctuations into the combustion process, enhancing mixing, heat transfer, and fuel burnout efficiency. This study presents an analytical comparison of solid fuel combustion efficiency in a pulsating bed, focusing on key parameters such as flame stability, heat transfer dynamics, pollutant formation, and overall thermodynamic performance. The research examines the influence of pulsation frequency, fuel particle size, and excess air ratio on combustion characteristics. The advantages of pulsating bed combustion, including improved thermal efficiency, reduced emissions, and enhanced fuel flexibility, are explored in comparison to conventional fluidized and fixed-bed combustion systems. The findings provide insights into optimizing pulsating combustion technology for various industrial applications and sustainable energy production [1].

The fundamental mechanism of pulsating combustion is based on the interaction between acoustic waves and reactive gas flows. The periodic compression and expansion of gases lead to improved fuel atomization and mixing with oxygen, resulting in higher combustion completeness and more uniform temperature distribution. Additionally, the increased turbulence promotes rapid heat release, enhancing thermal efficiency while reducing unburned carbon losses [2].

A key advantage of pulsating bed combustion is its ability to operate efficiently across a wide range of solid fuels, including low-grade biomass, coal, and municipal waste. The dynamic nature of the airflow prevents fuel agglomeration, ensuring better particle dispersion and prolonged residence time within the combustion zone. This extended exposure to high temperatures enables more complete oxidation of carbonaceous materials, reducing the formation of soot and particulate emissions.

The study analyzes how pulsation frequency influences combustion performance. Higher pulsation frequencies tend to increase turbulence intensity, enhancing mixing and heat transfer, but may also lead to excessive entrainment of fine fuel particles, reducing retention time and affecting burnout efficiency. Conversely, lower frequencies may improve fuel retention but can result in localized high-temperature zones, increasing the risk of nitrogen oxide (NO_x) formation. Identifying the optimal pulsation frequency for different fuel types is critical for maximizing efficiency while minimizing emissions [3].

Another important factor is the excess air ratio, which affects both combustion completeness and thermal losses. In a pulsating system, the intermittent introduction of combustion air allows for better control of the oxygen supply, reducing heat loss due to excess air while maintaining adequate oxidation conditions. Unlike conventional combustion systems, where excessive air can lead to heat dissipation, pulsating combustion enables better utilization of available thermal energy by intermittently exposing fuel particles to oxygen-rich and oxygen-lean conditions, promoting staged combustion [4].

Heat transfer in a pulsating bed occurs primarily through convection and radiation, with pulsating flow conditions enhancing convective heat exchange between the hot gases and surrounding surfaces. The increased turbulence accelerates the transport of thermal energy to the furnace walls and heat exchangers, improving overall system efficiency. Compared to conventional fluidized or fixed-bed combustion, pulsating combustion achieves higher heat transfer rates while operating at lower excess air levels, reducing overall energy losses [5].

A comparative analysis with other combustion technologies, such as fluidized bed and fixed-bed combustion, reveals significant advantages of pulsating bed combustion in terms of efficiency and environmental performance. Fixed-bed combustion, while simple and widely used, suffers from uneven fuel distribution and localized high-temperature regions, leading to incomplete combustion and high pollutant emissions. Fluidized bed combustion, on the other hand, improves mixing and fuel utilization but requires precise control of fluidization velocity to avoid excessive fuel loss. Pulsating combustion bridges these gaps by combining the uniform fuel dispersion benefits of fluidized systems with the enhanced mixing and heat transfer effects of pulsation, resulting in higher efficiency and lower emissions.

The analytical comparison of solid fuel combustion efficiency in a pulsating bed highlights the superior performance of this technology in terms of fuel utilization, heat transfer, and emissions reduction. The oscillatory motion of the combustion process enhances fuel-air mixing, increases turbulence, and prolongs fuel residence time, leading to higher combustion completeness and lower unburned carbon losses.

Compared to conventional fixed and fluidized bed systems, pulsating combustion demonstrates improved thermal efficiency and better control over pollutant formation.

- [1] Men Y. et al. A review of boiler waste heat recovery technologies in the medium-low temperature range Energy (2021)
- [2] Firth A. et al. Quantification of global waste heat and its environmental effects Appl. Energy (2019)
- [3] Wang C. et al. Experimental study on heat pipe thermoelectric generator for industrial high temperature waste heat recovery Appl. Therm. Eng. (2020)
- [4] Yan S.R. et al. Energy efficiency optimization of the waste heat recovery system with embedded phase change materials in greenhouses: a thermo-economic-environmental study J. Energy Storage (2020)
- [5] H. Li et al. Review on heat pipe based solar collectors: Classifications, performance evaluation and optimization, and effectiveness improvements[J] Energy (2022)
- [6] Trafczynski M. et al. Energy saving potential of a simple control strategy for heat exchanger network operation under fouling conditions Renew. Sustain. Energy Rev. (2019)

UDK 697.326

ANALYSIS OF COMBUSTION OF LOW-GRADE FUEL IN A FLUIDIZED BED

АНАЛІЗ СПАЛЮВАННЯ НИЗЬКОЯКІСНОГО ПАЛИВА У КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

***Y. Burda², PhD (Tech.), Y. Nizheradze¹, O. Zholubov¹,
D. Petukhov, I. Redko¹, D.Sc. (Tech.)***

¹ Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

² O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

***канд. техн. наук Ю. О. Бурда², Є. К. Ніжерадзе¹, О. О. Жолубов¹,
Д. В. Петухов¹, докт. техн. наук І.О. Редько¹,***

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*²Харківський національний університет міського господарства імені
О. М. Бекетова (м. Харків)*

The combustion of low-grade fuels in fluidized bed technology represents a promising approach for improving energy utilization while reducing emissions. Low-grade fuels, such as lignite, biomass residues, and industrial waste, often have high moisture and ash content, making their combustion less efficient in conventional systems. Fluidized bed combustion (FBC) offers a solution by ensuring improved fuel-air mixing, extended particle residence time, and uniform temperature distribution, which enhances combustion efficiency. This study analyzes the thermodynamic and combustion characteristics of low-grade fuels in a fluidized bed, focusing on heat transfer mechanisms, fuel conversion efficiency, and emission control. The impact of fluidization velocity, bed material properties, and excess air ratio on combustion performance is examined. The results contribute to optimizing fluidized bed operation for better fuel utilization, lower environmental impact, and enhanced energy recovery from low-quality fuels [1].

Fluidized bed combustion (FBC) technology is widely recognized for its ability to efficiently burn low-grade fuels with high moisture and ash content while maintaining stable combustion conditions. Unlike traditional fixed or pulverized fuel combustion, FBC relies on a suspended bed of inert material, typically sand or ash, which is fluidized by an upward stream of air or flue gases. This process ensures uniform temperature distribution, enhances mixing between fuel particles and oxidizers, and prevents localized overheating, which is common in conventional combustion systems [2].

The combustion process in a fluidized bed occurs in several stages, including drying, devolatilization, char combustion, and ash formation. Low-grade fuels, particularly those with high moisture content, require significant thermal energy for drying before combustion can occur efficiently. The high heat capacity of the fluidized bed medium facilitates rapid heat transfer to fuel particles, accelerating the drying and devolatilization stages. This ensures a more complete oxidation process and reduces unburned carbon losses [3].

One of the key advantages of FBC is its ability to operate at relatively low combustion temperatures (800–900°C), which minimizes the formation of nitrogen oxides (NO_x) while still achieving high combustion efficiency. The lower operating temperature also reduces the risk of ash fusion and slagging, which can cause operational problems in conventional combustion systems. Additionally, the presence of a circulating or bubbling bed provides excellent turbulence, allowing for better contact between fuel and oxygen, thereby improving combustion completeness [4].

The selection of bed materials plays a crucial role in optimizing fluidized bed performance. Silica sand is commonly used due to its thermal stability, while alternative materials such as dolomite or limestone can be introduced to enhance sulfur capture and reduce sulfur dioxide (SO₂) emissions.

The fluidization velocity is another critical parameter that influences combustion efficiency. If the velocity is too low, bed material may not fluidize properly, leading to uneven combustion and localized heat losses. Conversely, excessive velocity can lead to excessive entrainment of fine particles, increasing particulate emissions and reducing overall energy efficiency. This study evaluates optimal fluidization conditions for various low-grade fuels, ensuring complete combustion and minimal pollutant formation [5].

Fuel particle size and composition also significantly affect combustion performance. Large fuel particles may require longer residence times for complete oxidation, while fine particles can be easily entrained and carried out of the combustion zone, leading to efficiency losses. The study investigates how different fuel characteristics impact the overall combustion process and explores methods for improving fuel handling and pre-processing, such as torrefaction or pelletization, to enhance the combustion behavior of low-grade fuels.

The analysis of low-grade fuel combustion in fluidized bed systems highlights the significant advantages of this technology in terms of efficiency, emission control, and fuel flexibility. The ability of FBC to maintain uniform temperature conditions, enhance fuel-air mixing, and extend particle residence time leads to more complete combustion and improved energy recovery. Key factors influencing combustion

performance, such as fluidization velocity, bed material selection, and fuel properties, must be carefully optimized to maximize efficiency and minimize emissions.

- [1] Burda Yurii, Cherednik Artem, Pivnenko Yurii, Cherednik Dymytrii // Analysis of the efficiency of packed scrubbers and electric filters // The 9th International scientific and practical conference “Theoretical and practical aspects of the development of science and education” (March 05–08, 2024) Prague, Czech Republic. International Science Group. 2024. 349 p. //
- [2] Shaoyu Sheng and all, Ventilation efficiency and improvements for displacement ventilation systems during heating: A case study of a ward with vertical induction units // Building and Environment Volume 266, 1 December 2024, 112037
- [3] Wang C. et al. Experimental study on heat pipe thermoelectric generator for industrial high temperature waste heat recovery Appl. Therm. Eng. (2020)
- [4] Yan S. R. et al. Energy efficiency optimization of the waste heat recovery system with embedded phase change materials in greenhouses: a thermo-economic-environmental study J. Energy Storage (2020)
- [5] Audouard and all // Resistance of ceramic / metal Functionally Graded Materials in the flame of a combustion chamber under harsh thermal and environmental conditions // Materials Characterization Volume 208, February 2024, 113616

UDK 697.326

ANALYSIS OF THE THERMODYNAMIC EFFICIENCY OF SOLID FUEL COMBUSTION IN A VORTEX FURNACE

АНАЛІЗ ТЕРМОДИНАМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СПАЛЮВАННЯ ТВЕРДОГО ПАЛИВА У ВИХРОВІЙ ПЕЧІ

***Y. Burda², PhD (Tech.), Y. Pivnenko², PhD (Tech.),
O. Lohvinenko¹, PhD (Tech.), P. Rukavishnykov¹, S. Boiko¹***

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (Kharkiv)

***канд. техн. наук Ю. О. Бурда²,
канд. техн. наук Ю. О. Півненко²,
канд. техн. наук О. А. Логвіненко¹,
П. В. Рукавішников¹, С. О. Бойко¹***

¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

²Харківський національний університет міського господарства імені

О. М. Бекетова (м. Харків)

The thermodynamic efficiency of solid fuel combustion in vortex furnaces is a key factor in enhancing energy conversion processes and minimizing environmental impact. Vortex combustion technology is characterized by intense fuel-air mixing, which improves the combustion process by ensuring a more uniform temperature distribution and reducing unburned carbon losses. This study provides a comprehensive analysis of the thermodynamic efficiency of solid fuel combustion in vortex furnaces, examining the fundamental principles governing heat and mass transfer, combustion kinetics, and gas flow dynamics. The research focuses on the

impact of key parameters, including turbulence intensity, excess air ratio, fuel particle size, and combustion chamber geometry, on the overall efficiency of the system [1].

Vortex furnaces utilize the principles of aerodynamics to create a highly turbulent swirling flow of fuel and oxidizer, which enhances mixing and increases the residence time of fuel particles within the combustion zone. This intensified mixing results in more complete combustion, leading to improved thermal efficiency and lower emissions. The primary mechanisms influencing thermodynamic efficiency in such systems include heat transfer through conduction, convection, and radiation, chemical energy conversion through oxidation reactions, and the influence of unsteady combustion phenomena [2].

One of the critical aspects of vortex combustion is the formation and stabilization of the flame within the furnace. The swirling motion of the gas flow generates centrifugal forces that create a recirculation zone, allowing for better heat retention and ensuring a stable combustion process. This reduces the formation of localized high-temperature zones, which are often responsible for increased thermal NO_x emissions. Additionally, enhanced mixing minimizes the presence of unburned carbon, increasing fuel utilization efficiency [3].

A detailed analysis of heat transfer mechanisms within the vortex furnace reveals that the combination of forced convection and radiation plays a significant role in determining the overall heat absorption by furnace walls and subsequent energy conversion. The swirling flow pattern significantly increases the heat transfer coefficient, improving the rate at which thermal energy is extracted from the combustion process. The study also explores how varying the excess air ratio influences combustion efficiency. While a higher excess air ratio can lead to better oxidation of fuel particles, excessive air supply results in heat loss due to the increased mass flow of flue gases, reducing the overall thermal efficiency [4].

Another key factor in thermodynamic efficiency is the effect of fuel properties on combustion performance. Fuel moisture content, volatile matter percentage, and ash composition impact the ignition characteristics, burnout rate, and slagging tendencies in vortex furnaces. The study examines various solid fuels, including coal, biomass, and municipal waste, to assess their suitability for vortex combustion systems. High-volatile fuels tend to ignite faster and more completely, whereas high-ash fuels may introduce operational challenges related to clinker formation and heat exchanger fouling [5].

Additionally, the influence of furnace design parameters, such as burner arrangement, combustion chamber geometry, and refractory lining, is analyzed. The optimization of these parameters plays a crucial role in reducing heat losses and ensuring maximum energy utilization. Computational fluid dynamics (CFD) simulations and experimental data are employed to evaluate the effectiveness of different vortex furnace configurations in improving thermal efficiency. The integration of advanced control systems, such as real-time monitoring of combustion conditions and adaptive air supply regulation, further enhances the overall performance of vortex combustion technology.

The analysis of thermodynamic efficiency in solid fuel combustion within vortex furnaces highlights the significant advantages of this technology in improving energy

utilization and reducing environmental impact. The swirling motion of gases enhances fuel-air mixing, leading to more complete combustion, lower unburned carbon losses, and improved heat transfer efficiency. The research demonstrates that optimizing key parameters such as turbulence intensity, excess air ratio, and fuel properties can significantly enhance the overall performance of vortex furnaces.

- [1] Burda Yurii, Cherednik Artem, Pivnenko Yurii, Cherednik Dymytrii // Analysis of the efficiency of packed scrubbers and electric filters // The 9th International scientific and practical conference “Theoretical and practical aspects of the development of science and education” (March 05–08, 2024) Prague, Czech Republic. International Science Group. 2024. 349 p. //
- [2] Firth A. et al. Quantification of global waste heat and its environmental effects Appl. Energy (2019)
- [3] Wang C. et al. Experimental study on heat pipe thermoelectric generator for industrial high temperature waste heat recovery Appl. Therm. Eng. (2020)
- [4] Andriy Redko, Adam Ujma, Anna Pavlovska, Yurii Burda, Volodymyr Andoniev // Engineering for Rural Development. Proceedings of the International Scientific Conference (Latvia), 2021
- [5] Trafczynski M. et al. Energy saving potential of a simple control strategy for heat exchanger network operation under fouling conditions Renew. Sustain. Energy Rev. (2019)

УДК 620.18

ЕЛЕКТРОСПІКАННЯ НАНОПОРОШКІВ ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ, СИНТЕЗОВАНИХ МЕТОДОМ РОЗКЛАДАННЯ ФТОРИДНИХ СОЛЕЙ

ELECTROSINTERING OF ZIRCONIUM DIOXIDE NANOPOWDERS SYNTHESIZED BY THE DECOMPOSITION OF FLUORIDE SALTS

*канд. техн. наук В. П. Нерубацький,
д-р техн. наук Е. С. Геворкян*

Український державний університет залізничного транспорту, м. Харків

*V.P. Nerubatskyi, PhD (Tech.),
E.S. Hevorkian, D.Sc. (Tech.)*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Поєднання особливих характеристик, таких як підвищена міцність, в'язкість руйнування, висока твердість, зносостійкість, низькі коефіцієнти тертя, а також хімічна та біологічна інертність робить діоксид цирконію (ZrO_2) виключно перспективним матеріалом для застосування у багатьох технічних сферах. Він знайшов широке застосування при створенні високовогнетривких виробів, жаростійких емалей, стійкого до високих температур скла, різноманітних керамічних виробів, керамічних пігментів, твердих електролітів, захисних термічних покриттів, каталізаторів, штучних дорогоцінних каменів, а також під час виробництва різальних інструментів та абразивних матеріалів.

В даний час діоксид цирконію стрімко поширюється на нові сфери застосування, такі як медицина, волоконна оптика та виробництво електронної кераміки. Важливо відзначити, що найбільш вражаючі значення механічної міцності та тріщиностійкості, при збереженні стійкості до корозії та зношування,

демонструє кераміка, заснована на діоксиді цирконію, додатково стабілізованому оксидом ітрію (Y_2O_3) [1]. Це зумовлено ефектом трансформаційного зміцнення, пов'язаним з фазовим перетворенням діоксиду цирконію з тетрагональної ($T-ZrO_2$) в моноклінну ($M-ZrO_2$) модифікацію при впливі механічного напруження [2]. Одним з недоліків кераміки $ZrO_2(Y_2O_3)$ є те, що її механічні властивості схильні до деградації (процесу старіння) при впливі вологи за температур до $300\text{ }^\circ\text{C}$, а також в агресивних біологічних середовищах [3]. З метою покращення стабільності діоксиду цирконію, особливо для гідротермальних умов, застосовувалися різні підходи. Серед них можна виділити збереження розмірів зерен у матеріалах на рівні нижче критичного значення [4], спільну стабілізацію ZrO_2 за допомогою оксидів ітрію та церію (CeO_2) [5, 6], а також розробку композитів на основі ZrO_2 з додаванням від 1 до 8 масових відсотків Al_2O_3 , WC [7]. Основні труднощі отримання діоксид-цирконієвої кераміки з високими механічними властивостями полягають у забезпеченні контролю за її фазовим складом і структурою у процесі електроконсолідації.

В роботі досліджувалися особливості одержання композитів із синтезованих нанопорошків оксиду цирконію з різними складами стабілізаторів Y_2O_3 , CeO_2 . Морфологічні характеристики синтезованих нанопорошків, а також фізико-механічні властивості було одержано гарячим пресуванням методом електроконсолідації (електроспінання) [8]. Застосування методу електроконсолідації дало змогу досягти високої стійкості та стабільних фізико-механічних властивостей розробленої композитної кераміки на базі ZrO_2 .

Отримані експериментальні дані показують, що розроблена кераміка на основі композиту $ZrO_2-15\text{ мас.}\% CeO_2$ характеризується межею міцності при вигині в 690 МПа , а кераміка $ZrO_2-15\text{ мас.}\% Y_2O_3$ за температури спікання $1500\text{ }^\circ\text{C}$ характеризується досить високою в'язкістю – $5,8\text{ МПа}\cdot\text{м}^{1/2}$, а також твердістю $14,8\text{ ГПа}$ порівняно з керамікою з добавками діоксиду церію. Ці показники, а також мікроструктура матеріалу (середній розмір зерна – менше $0,3\text{ мкм}$), відповідають вимогам міжнародних стандартів, які висуваються до матеріалів на основі тетрагонального діоксиду цирконію, які використовуються для виготовлення керамічних імплантатів для кісткової хірургії [9].

Отже, отриманий матеріал характеризується високою чистотою та міцністю, має щільну мікроструктуру із середнім розміром зерна $0,25\text{ мкм}$, а також демонструє стабільність фазового складу та механічних характеристик. Ці властивості роблять спечений матеріал привабливим не лише для конструкційних (наприклад, для виготовлення окремих деталей чи елементів вузлів транспортних засобів), але й медичних застосувань. У разі, якщо твердість і тріщиностійкість матеріалів з обома добавками виявляються на подібному рівні, міцність на вигин матеріалу з добавкою $15\text{ мас.}\% CeO_2$ виявляється вищою. Імовірно, це пов'язано з морфологією вихідних синтезованих нанопорошків, що вказує на необхідність більш детального дослідження як умов синтезу даних нанопорошків, так і фізико-механічних властивостей діоксиду цирконію з добавками з оксиду церію для більш глибокого розуміння його впливу.

- [1] Chyshkala V. O., Lytovchenko S. V., Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Morozova O. M. Detection of regularities of $Y_2Zr_2O_7$ pyrochlor phase formation during the reaction of solid-phase synthesis under different temperature-time conditions. *Functional Materials*. 2022. Vol. 29, No. 1. P. 30–38. DOI: 10.15407/fm29.01.30.
- [2] Hannink H. J., Kelly P. M., Muddle B. C. Transformation toughening in zirconia-containing ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*. 2000. Vol. 83, Iss. 3. P. 461–487. DOI: 10.1111/j.1151-2916.2000.tb01221.x.
- [3] Chevalier J., Gremillard L., Deville S. Low-temperature degradation of zirconia and implications for biomedical implants. *Annual Review of Materials Research*. 2007. Vol. 37. P. 1–32. DOI: 10.1146/annurev.matsci.37.052506.084250.
- [4] Djurado E., Bouvier P., Lucazeau G. Crystallite size effect on the tetragonal-monoclinic transition of undoped nanocrystalline zirconia studied by XRD and raman spectrometry. *Journal of Solid State Chemistry*. 2000. Vol. 149, Iss. 2. P. 399–407. DOI: 10.1006/jssc.1999.8565.
- [5] Lin J. D., Duh J. G. Fracture toughness and hardness of ceria- and yttria-doped tetragonal zirconia ceramics. *Materials Chemistry and Physics*. 2002; Vol. 78. P. 253–261. DOI: 10.1016/S0254-0584(02)00327-9.
- [6] Mamalis A. G., Hevorkian E. S., Nerybatskyi V. P., Rucki M., Krzysiak Z., Morozova O. M. Effect of nanoadditives on the properties of partially stabilized zirconia. *Nanotechnology Perceptions*. 2023. Vol. 19, No. 3. P. 26–46. DOI: 10.56801/nano-ntp.v19i3.325.
- [7] Gevorkyan E., Prikhna T., Vovk R., Rucki M., Siemiatkowski Z., Kucharczyk W., Chishkala V., Chalko L. Sintered nanocomposites ZrO_2 -WC obtained with field assisted hot pressing. *Composite Structures*. 2021. Vol. 259. P. 113443. DOI: 10.1016/j.compstruct.2020.113443.
- [8] Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Rucki M., Kilikevicius A., Mamalis A. G., Samociuk W., Morozow D. Electroconsolidation method for fabrication of fine-dispersed high-density ceramics. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 100–113. DOI: 10.56801/nano-ntp.v20i1.363.
- [9] Hevorkian E. S., Morozova O. M., Nerubatskyi V. P., Chyshkala V. O., Sofronov D. S., Moya S., Abarategi A., Arnaiz B., Bondarenko M. A., Vovk R. V. Composite material based on zirconium dioxide partially stabilised with cerium oxide and aluminium oxide for bioengineering applications. *Functional Materials*. 2024. Vol. 31, No. 3. P. 351–358. DOI: 10.15407/fm31.03.351.

УДК504.063:69.009.1:699.8

**ВПЛИВ ЗАПЛАНОВАНОГО СКОРОЧЕННЯ РІВНЯ ВИКИДІВ
ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ НА ВЕЛИЧИНУ ТЕРМІЧНОГО ОПОРУ
ОГОРОДЖУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ У НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТАХ**

**IMPACT OF PLANNED REDUCTION IN GREENHOUSE GAS EMISSIONS
ON THE THERMAL RESISTANCE OF ENCLOSING STRUCTURES IN
REGULATORY DOCUMENTS**

О. В. Панчук

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

O. V. Panchuk

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Екологічна ситуація, яка склалася в світі на початку 90-х років минулого століття призвела до того, що велика кількість розвинених країн прийняли рішення про зобов'язання щодо кількісних обмежень і скорочень викидів в межах Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC). Україна підписала Конвенцію 11 червня 1992 року і ратифікувала 29 жовтня 1996 року. Станом на березень 2014 року до РКЗК ООН приєдналися 196 учасників. Сторони конвенції зустрічаються щорічно з 1995

року на конференціях (COP) для оцінки прогресу в боротьбі зі зміною клімату. Остання 29-та відбулась в листопаді цього року в Баку, Азербайджан [1].

Київський протокол [2] став першою глобальною спробою, основною ідеєю якої було регулювання або перерозподіл квот на викиди парникових газів у порівнянні з 1990 роком. До таких газів віднесли: двоокис вуглецю (CO₂), метан (CH₄), закис азоту (N₂O), гідрофторвуглеці (ГФВ), перфторвуглеці (ПФВ) та гексафторид сірки (SF₆).

На міжнародному рівні це назвали угодою про охорону навколишнього середовища, заснованою на ринковому механізмі регулювання обсягів викидів парникових газів між країнами підписантами. Відповідно до однієї статті цього документа країни, які відносяться до розвинених можуть надавати можливість країнам, що розвиваються, отримувати фінансові кошти для виконання статті 10 у таких секторах економіки як енергетика, транспорт і промисловість, а також сільського та лісового господарств та організації видалення відходів.

В Україні виконання вимог цієї конвенції та впровадження механізмів Київського протоколу до неї, у тому числі в частині реалізації проектів, спрямованих на охорону навколишнього природного середовища, було метою діяльності Національного агентства екологічних інвестицій України (з вересня 2014 функції передані Мінекології).

Наступним документом у межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату стала Паризька угода [3] щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р.

Україна підписала Паризьку угоду в квітні 2016 року в Нью-Йорку, а ВРУ ратифікувала її у липні того ж року.

Першою спробою врегулювати теплотехнічні показники огорожень будівель з відомими температурою та вологістю внутрішнього повітря були наведені у будівельних нормах та правилах. Так, використовувалось значення показника необхідного опору теплопередачі R_o^{TP}

$$R_o^{TP} = \frac{(t_B - t_H)nbR_B}{\Delta t^H} \quad (1)$$

При чому для зовнішніх дверей та воріт, а також підлоги по ґрунту та на лагах він не регулювався навіть в такий спосіб.

За часів незалежної України з'явилися перші чіткі вимоги до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинків і порядку їх розрахунку з метою забезпечення раціонального використання енергетичних ресурсів на обігрівання, забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних параметрів мікроклімату приміщень, довговічності огорожувальних конструкцій під час експлуатації будинків [4]. Таким документом стали Державні будівельні норми України Конструкції будинків і споруд «Теплова ізоляція будівель» в редакції 2006 року. На відміну від радянських будівельних норм та правил де був розподіл на всього три температурних зони в межах всього СРСР (волога, нормальна, суха) в ДБН з'явилися, окрім іншого, чотири температурні зони (від I до IV) та

конкретні показники мінімально допустимого значення опору теплопередачі огорожувальної конструкції $R_{q\ min}$ для кожної з чотирьох температурних зон.

Саме 2006 рік можна вважати роком, коли у практичній площині стало можливим втілювати ефективні способи зменшення теплових втрат завдяки відповідним нормам. Вони мають використовуватися як при проектуванні будинків і споруд, що опалюються, при новому будівництві, реконструкції й капітальному ремонті (термомодернізації) так і при складанні енергетичного паспорта, визначенні витрат паливно-енергетичних ресурсів для опалення будинків розрахунково-аналітичним методом та проведенні енергетичного обстеження будівель та споруд.

Починаючи з першого видання (2006 р.) таких ДБН можна відслідкувати тенденції збільшення значень термічних опорів огорожуючих конструкцій. Так, станом на 2024 рік було чотири редакції цих будівельних норм [4, 5, 6]: 2006, 2013, 2016 та 2021 рр (табл. 1). В таблиці наводяться дані для I температурної зони, вимоги до значень у якій є найсуворішими.

Табл. 1. Порівняння мінімально допустимого значення $R_{q\ min}$ опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, світлопрозорих огорожувальних конструкцій і дверей житлових і громадських будинків в залежності від року видання

Вид огорожувальної конструкції	$R_{q\ min}$ для I температурної зони, (м ² ·К)/Вт			
	2006	2006 (зі змінами від 2013 р.)	2016	2021
Зовнішні стіни	2,8	3,3	3,3	4
Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,5	0,5	0,6	0,7
Горищні покриття та перекриття неопалювальних горищ	3,3	4,95	4,95	6
Перекриття над проїздами та неопалювальними підвалами	3,5	3,75	3,75	5
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,5	0,75	0,75	0,9

Як видно з табл. 1 за період з 2006 до 2021 року вимоги до термічного опору зросли на 40-80% залежно від конструкції, що сприятиме зменшенню викидів CO₂ в подальшому. Такі зміни узгоджуються з європейськими стандартами енергоефективності та національними цілями скорочення енергоспоживання.

Отже, можна стверджувати, що поступове посилення вимог до $R_{q\ min}$ впливатиме на зменшення споживання паливно-енергетичних ресурсів і, як наслідок, зменшення обсягів викидів парникових газів.

[1] Конференція ООН зі зміни клімату. Офіційний сайт: веб-сайт. URL: <https://unfccc.int> (дата звернення 24.11.2024).

[2] Кіотський протокол до Рамкової конвенції Організації Об'єднаних Націй про зміну клімату. Офіційний сайт Верховної Ради України: веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_801#Text (дата звернення 24.11.2024).

[3] Паризька угода. Офіційний сайт Верховної Ради України: веб-сайт. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_161#Text (дата звернення 24.11.2024).

- [4] ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. Зі зміною №1 від 1 липня 2013 року [Текст]. Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с.
- [5] ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель [Текст]. - Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2017. – 31 с.
- [6] ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель [Текст]. – Міністерство розвитку громад та територій України, Мінірегіон України. – 2022. – 27с.

УДК 656.225:629.21

**ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ
МАСОВИХ ВАНТАЖІВ ЗАЛІЗНИЦЕЮ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ:
ВИКЛИКИ ТА МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ**

**OPTIMIZATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE
TRANSPORTATION OF BULK CARGO BY RAIL IN WARTIME:
CHALLENGES AND OPPORTUNITIES FOR UKRAINE**

аспірант Д. В. Кудряшов¹, Н. С. Кудряшова²

¹«Український державний університет залізничного транспорту»

²АТ «Укрзалізниця» (м. Харків)

D. V. Kudriashov¹ postgraduate student,

N.S. Kudriashova²

¹«Ukrainian State University of Railway Transport»

²JSC «Ukrzaliznytsia» (Kharkiv)

Залізниця залишається найбільш економічно ефективним і екологічним способом транспортування масових вантажів (МВ) у великих обсягах на далекі відстані. Проте енергоємність цих перевезень є значною. Воєнний стан в Україні створює додаткові виклики: пошкодження інфраструктури, зміна маршрутів руху, нестабільність енергопостачання. Ефективне управління енергоспоживанням дозволить зменшити витрати на транспортування, а також підвищити економічну та енергетичну безпеку держави в складних умовах.

Оптимізація енергоспоживання для залізничних перевезень МВ є критично важливим завданням, зокрема в умовах військових дій. Зростання вартості енергоносіїв, дефіцит ресурсів, обмежений доступ до імпортованих поставок та необхідність мінімізації витрат на логістику роблять пошук енергоефективних рішень нагальною потребою. У контексті воєнного часу залізниця стає стратегічно важливим транспортним каналом, оскільки має відносно низькі витрати на енергію порівняно з автомобільними перевезеннями. Досвід передових залізничних систем світу, які успішно впровадили технології для підвищення енергоефективності, може бути цінним орієнтиром для України.

Українська залізниця має значний потенціал для оптимізації енергоспоживання. Застосування більш сучасних електровозів та збільшення кількості електрифікованих ліній надасть можливість знизити витрати на паливо,

підвищити швидкість доставки вантажів і скоротити залежність від викопного палива.

Крім того, важливим елементом енергоефективності є впровадження систем рекуперації енергії гальмування, які вже широко застосовуються в Японії та Німеччині. Енергія, що виділяється при гальмуванні поїзда, особливо важких вантажних, може бути перетворена в електричну енергію та використана для живлення допоміжного обладнання або повернена в енергосистему. Для України впровадження таких технологій знижує загальне енергоспоживання, що є особливо важливим під час нестачі ресурсів.

Одним з ключових напрямків оптимізації енергоспоживання також є оптимізація маршрутів і скорочення пробігів без навантаження. Для перевезення МВ особливо важливо оптимізувати маршрути з урахуванням відстаней, кількості перевалок та інших логістичних факторів. Використання цифрових платформ для моніторингу та управління перевезеннями може значно знизити енерговитрати завдяки кращій координації та плануванню маршрутів. У країнах ЄС такі системи дозволяють автоматизовано розраховувати оптимальні маршрути для поїздів залежно від завантаженості колій, що значно скорочує час простою та витрати на енергію.

Оптимізація ваги поїздів також є важливим аспектом. Максимальне завантаження поїздів дозволяє зменшити кількість рейсів, необхідних для перевезення певного обсягу вантажу, що, в свою чергу, веде до зниження витрат енергії. Однак, при цьому необхідно враховувати технічні можливості локомотивів та стан колійного полотна, особливо при перевезенні важких вантажів, таких як вугілля чи руда.

Розглядаючи досвід Швейцарії, можна зазначити позитивний вплив інтелектуальних систем моніторингу технічного стану колій та локомотивів, які дозволяють виявляти збої в системі та необхідність технічного обслуговування в реальному часі. Такі системи знижують частоту аварійних зупинок і дозволяють підтримувати енергоефективність залізниці. В Україні з огляду на воєнні умови такі системи можуть бути корисними не тільки для економії енергії, а й для загального підвищення безпеки транспортних перевезень.

Варто звернути увагу на перспективи використання відновлюваної енергії в залізничному секторі. Німеччина є однією з країн, що активно розвиває концепцію "зеленої залізниці", інвестуючи у відновлювану енергетику для зниження залежності від традиційних енергоресурсів. Для України, зокрема в південних областях, де високий рівень сонячного випромінювання, встановлення сонячних батарей уздовж залізничних шляхів могло б стати перспективною ініціативою, здатною забезпечити додаткове джерело живлення для залізничного транспорту.

Оптимізація енергоспоживання при перевезенні МВ залізницею є багатогранною проблемою, що вимагає комплексного підходу. Розробка та впровадження заходів щодо підвищення енергоефективності залізничних перевезень є не лише економічно вигідним, але й стратегічно важливим завданням для забезпечення стабільної роботи транспортної системи країни. Вивчення міжнародного досвіду та адаптація найкращих практик для

національних умов допоможуть українській залізничній системі не тільки подолати виклики воєнного часу, а й закласти фундамент для довгострокового сталого розвитку транспортної інфраструктури.

[1] Боровик Ю. Т. Енергозбереження та енергоефективність як фактори підвищення конкурентоспроможності підприємств залізничного транспорту / Ю. Т. Боровик, Ю. В. Єлагін // Вісник економіки транспорту і промисловості. - 2018. - № 61. - С. 103-110.

[2] Лісовий А. (2024) Енергетична безпека України: другий рік війни. *MODELING THE DEVELOPMENT OF THE ECONOMIC SYSTEMS*, (1), 124–129. <https://doi.org/10.31891/mdes/2024-11-17>

УДК629.4

ЗАГАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО БАЛАНСУ ЛОКОМОТИВА

GENERAL APPROACH TO DETERMINING THE ENERGY BALANCE OF LOCOMOTIVE

докт. техн. наук Ю. Є. Калабухін,

канд. техн. наук А. Л. Сумцов

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

Y. Kalabukhin, D.Sc. (Tech.),

A. Sumtsov, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Енергетичний аудит транспорту - це систематичний та комплексний процес оцінки та аналізу енергоспоживання транспортних засобів та їхнього впливу на довкілля з метою зменшення витрат енергоресурсів, підвищення ефективності роботи і зниження викидів шкідливих речовин. Через те, що об'єкти аудиту на транспорті перебувають у русі, енергетичний аудит у цій сфері є особливо складним [1]. Зокрема це відноситься до тягового рухомого складу (тепловозів, електровозів та ін.). Саме в русі відбувається реалізація локомотивом свого призначення – переміщення не тягового рухомого складу з дотриманням вимог графіку та безпеки руху. Контроль показників для аудиту при цьому має свої складнощі: відсутність датчиків вимірювання викидів відпрацьованих газів, приладів обліку енергії спожитої на забезпечення функціонування допоміжних систем та ін.

Основою енергетичного аудиту є енергетичний баланс. Енергетичний баланс — це облік співвідношення між вхідними ресурсами та/або виробництвом енергетичних ресурсів і енергоемністю [2]. Енергетичний баланс узгоджує (балансує) всі енергетичні та матеріальні ресурси, які входять до меж системи, з енергетичними та матеріальними ресурсами, що залишають межі системи.

Енергетичний баланс локомотива — це визначення усіх потоків енергії, що входять до систем локомотива, та їх розподілу за певний проміжок часу. Його мета — визначити, яким чином використовується та перетворюється енергія.

Енергетичний баланс, за законом збереження енергії, поділяється на дві частини: прибуткову $E_{\text{пр}}$ і витратна $E_{\text{вит}}$. Таким чином енергетичний баланс є узагальненою характеристикою системи і є зрівноваженим

$$E_{\text{пр}} = E_{\text{вит}} \quad (1)$$

Прибуткова частина характеризує джерело енергії, що надходить у систему через різні енергоносії. витратна частина охоплює витрати енергії на всі види її використання, втрати під час перетворення енергії з одного виду в інший, втрати при передачі енергії, а також енергію, яка накопичується в накопичувачах енергії. Під час складання енергетичного балансу усі види енергоресурсів зводять до єдиного вимірника, яким в Україні зазвичай є джоуль, тонна умовного палива або кВт-год.

Проведення енергетичного аудиту локомотива зводиться до визначення енергетичного балансу локомотива. Тому основою побудови моделей та процедур є формування переліку складових енергетичного балансу.

Визначення прибуткової частини балансу не викликає складнощів через наявний облік споживання енергоресурсів локомотивом. Для всіх локомотивів використовують прилади обліку енергії або прямих джерел її зберігання. У випадку електровоза це буде споживання електричної енергії від контактної мережі за лічильником. Для тепловоза – за фактичним рівнем спожитого палива, що визначається приладами обліку. Гібридні локомотиви використовують декілька джерел, тому споживання енергії визначається за сумарним споживанням всіх видів енергії отриманих локомотивом з різних джерел задіяних під час поїздки.

Основну складність проведення енергетичного аудиту викликає витратна частина енергетичного балансу. В ній містяться як витрати енергії на основну функцію локомотива – створення сили тяги E_T , так і додаткові витрати роботу допоміжного устаткування $E_{\text{дод}}$ та втрати на перетворення енергії в процесі її споживання $E_{\text{втр}}$. Визначення фактичних витрат на тягу E_T можливо доволі точно та якісно визначити використанням динамометричного вагону-лабораторії при виконанні поїздок. Визначення фактичних складових $E_{\text{дод}}$ та $E_{\text{втр}}$ є складним через різноманітність видів приводу допоміжного устаткування локомотива та змінний режим роботи устаткування.

Таким чином енергетичний аудит транспорту та енергетичний баланс локомотива є взаємопов'язаними прямим зв'язком, оскільки аудит базується на аналізі балансу для оцінки ефективності використання енергоресурсів. Енергетичний баланс локомотива визначає всі потоки енергії: вхідний (паливо, електроенергія), корисний (механічна робота) і втрати (теплові, механічні), що дозволяє виявити слабкі місця функціонування системи [3]. Енергетичний баланс дозволяє оцінити ефективність використання різних видів енергії та виявити ділянки її нераціонального використання [4, 5]. Енергетичний аудит

використовує ці дані для розробки рекомендацій, спрямованих на оптимізацію споживання енергії, зменшення втрат і підвищення ефективності локомотива, наприклад, через модернізацію систем чи впровадження енергозберігаючих технологій.

- [1] ДСТУ EN 16247-4:2015 (EN 16247-4:2014, IDT) Енергетичні аудити. Частина 4. Транспорт.
- [2] ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT) Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення
- [3] Маляренко В.А., Немировський І.А. (2010) Енергозбереження та енергетичний. НТУ «ХПІ», 344 с.
- [4] Здирко Н. Г. (2022) Удосконалення методики енергетичного аудиту в забезпеченні ефективного та екологічнобезпечного енергокористування. *Ефективна економіка*. № 8. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/efek_2022_8_8.
- [5] Консультування підприємств щодо енергоефективності. Посібник із енергоаудиту (2020) Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. URL: <https://uamap.org.ua/storage>

УДК697:725.11

РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ БУДІВЛІ ЗАКЛАДУ ТОРГІВЛІ

DEVELOPMENT OF ENERGY-EFFICIENT MEASURES FOR THE BUILDING OF A COMMERCIAL FACILITY

А. В. Онищенко, М. В. Бірюков

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. V. Onyshchenko, M. V. Biryukov

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Розробка та впровадження енергоефективних заходів в Україні критично важливо для зменшення енергетичної залежності та економічної стабільності країни, особливо при реконструкції або капітальному ремонті будівель закладів торгівлі.

Впровадження енергоефективних заходів дозволяє зменшити енергоспоживання, що призводить до зниження витрат на електроенергію та інші комунальні послуги. Це може включати модернізацію систем освітлення, використання енергоефективних приладів та утеплення будівель. У довгостроковій перспективі, зменшення витрат на енергію може значно покращити фінансовий стан закладу[1-2].

Використання енергоефективних технологій, таких як сонячні панелі, системи рекуперації тепла, або теплові насоси, допомагає знизити викиди парникових газів. Це не лише сприяє охороні довкілля, але й відповідає сучасним екологічним стандартам та вимогам.

Оптимізація систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря, а також встановлення систем автоматичного контролю мікроклімату допомагає створити комфортні умови для персоналу та клієнтів. Це може покращити продуктивність праці та залученість клієнтів.

Заклади, які впроваджують енергоефективні заходи, можуть запропонувати кращі умови для клієнтів, зокрема через знижені операційні витрати. Це дозволяє виділяти ресурси на покращення послуг або зниження цін, що робить їх більш привабливими на ринку.

Зменшення залежності від енергоносіїв робить заклади торгівлі менш вразливими до коливань цін на енергію. Це забезпечує стабільність роботи та зменшує ризики, пов'язані зі змінами в енергетичному секторі[3-4].

[1] Energy Efficiency Will Be the Key to Ukraine's Postwar Recovery ...: веб-сайт. URL:<https://nationalinterest.org/feature/energy-efficiency-will-be-key-ukraines-postwar-recovery-213485> (дата звернення 20.11.2024)

[2] Improving Ukraine's Energy Security: the Role of Energy Efficiency - Pacific Northwest National Laboratory: веб-сайт. URL: http://www.pnl.gov/main/publications/external/technical_reports/PNNL-27447.pdf?_hstc=249664665.2f3f33a24b44870ec4a577029c49e44b.1729036800188.1729036800189.1729036800190.1&_hssc=249664665.1.1729036800191&_hsfp=868907044 (дата звернення 20.11.2024)

[3] Achieving energy security through greater energy efficiency – GIZ: веб-сайт. URL: <https://www.giz.de/en/downloads/giz2024-en-factsheet-FEER.pdf>(дата звернення 20.11.2024)

[4] Energy efficiency measures in Ukrainian communities: steps towards sustainable development and energy independence in 2025: веб-сайт. URL: <https://onova.org.ua/en/news/energy-efficiency-measures-in-ukrainian-communities-steps-towards-sustainable-development-and-energy-independence>(дата звернення 20.11.2024)

УДК 697:725.1

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ БУДІВЛІ ЛІКУВАЛЬНОГО КОРПУСУ МІСЬКОЇ ЛІКАРНІ ПІСЛЯ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ

INVESTIGATION OF ENERGY CONSUMPTION IN THE BUILDING OF THE THERAPEUTIC UNIT OF THE MUNICIPAL HOSPITAL AFTER MAJOR RENOVATION

А. В. Онищенко, Р. В. Бобрышев

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. V. Onyshchenko, R. V. Bobryshev

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Заклади охорони здоров'я є критично важливою інфраструктурою, що забезпечує надання необхідних послуг, але водночас вони є значними споживачами енергії. Лікарні, зокрема, потребують у три-чотири рази більше енергії, ніж комерційні будівлі аналогічного розміру, що зумовлено їх безперервною роботою та специфічними потребами [1]. Дані свідчать, що хоча заклади охорони здоров'я займають лише 4% комерційних площ у США, на них припадає близько 9% загального енергоспоживання комерційних будівель. Ефективне управління цим енергоспоживанням є життєво важливим для фінансової стабільності, екологічної відповідальності та якості медичної допомоги [2].

Проблема полягає не лише у високому рівні споживання, але й у зростаючій тенденції до збільшення енергоспоживання у сфері охорони здоров'я. Це створює значне навантаження на бюджети закладів та довілля. Таким чином, дослідження та впровадження енергоефективних заходів стає не просто бажаним, а необхідним кроком для забезпечення сталого розвитку галузі.

Дослідження енергоспоживання в закладах охорони здоров'я є складним, багатогранним процесом, який виявляє неефективні частини енергосистеми та відкриває можливості для оптимізації роботи медичних установ.

Це включає покращення якості медичних послуг через створення оптимального мікроклімату, зменшення ризику інфекцій та підвищення комфорту для пацієнтів і персоналу. Енергоефективність також збільшує прозорість та ефективність управління, завдяки систематичному моніторингу енергоспоживання та оптимізації бюджету. Сприяє сталому розвитку шляхом зменшення екологічного впливу та дотримання екологічних стандартів. Основні етапи включають збір даних, польові дослідження, аналіз і розробку планів заходів, а також реалізацію та моніторинг. Типові заходи включають модернізацію систем опалення, вентиляції та кондиціонування, утеплення будівель, впровадження систем автоматизації, перехід на енергоефективне освітлення та використання відновлюваних джерел енергії. Ці заходи не тільки підвищують енергоефективність, але й знижують операційні витрати, покращують якість медичних послуг та створюють комфортне середовище для пацієнтів і персоналу[1-5].

[1] [www.spiraxsarco.com](https://www.spiraxsarco.com/knowledge-exchange/energy-challenges-faced-by-hospitals-worldwide?sc_lang=en-GB#:~:text=High%20Energy%20Consumption%3A%20Hospitals%20require,building%20of%20the%20same%20size.): веб-сайт. URL: https://www.spiraxsarco.com/knowledge-exchange/energy-challenges-faced-by-hospitals-worldwide?sc_lang=en-GB#:~:text=High%20Energy%20Consumption%3A%20Hospitals%20require,building%20of%20the%20same%20size. (дата звернення 20.11.2024)

[2] Energy Challenges Faced by Hospitals Worldwide | Blog – Spirax Sarco: веб-сайт. URL: https://www.spiraxsarco.com/knowledge-exchange/energy-challenges-faced-by-hospitals-worldwide?sc_lang=en-GB(дата звернення 20.11.2024)

[3] Interventions for increasing energy efficiency in hospitals – PMC: веб-сайт. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10913717/> (дата звернення 20.11.2024)

[4] Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS) – EIA: веб-сайт. URL: <https://www.eia.gov/consumption/commercial/pba/health-care.php> (дата звернення 20.11.2024)

[5] Energy Management in Hospitals: An Overview: веб-сайт. URL: <https://www.dexma.com/blog-en/energy-management-in-hospitals-overview/> (дата звернення 20.11.2024)

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ НА
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ АДМІНІСТРАТИВНОЇ БУДІВЛІ**

**INVESTIGATION OF THE IMPACT OF ENERGY-EFFICIENT MEASURES
ON THE ENERGY CONSUMPTION OF AN ADMINISTRATIVE BUILDING**

А. В. Онищенко, Т. І. Вертоградов

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. V. Onyshchenko, T. I. Vertogradov

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Україна історично характеризувалася значною енергетичною залежністю, особливо від поставок з Росії, що негативно впливало на національну безпеку та економічну стабільність. Протягом 2010-х років країна залишалася однією з найменш енергоефективних у Європі, що призводило до значних бюджетних витрат [1]. Як зазначається, Росія використовувала енергетичну залежність України як інструмент політичного та економічного впливу. Після газових конфліктів з Росією, анексії Криму та військових дій на сході України, український уряд визначив зменшення енергетичної залежності як пріоритетне національне завдання [2]. На даний момент сучасний енергетичний ландшафт України ускладнюється триваючою війною, яка завдала значної шкоди енергетичній інфраструктурі, підкреслюючи нагальну потребу в стійкій та децентралізованій енергетичній системі [3]. У цьому контексті особливу увагу слід приділити комерційним будівлям, які відзначаються значним рівнем енергоспоживання та мають значний потенціал для підвищення енергоефективності.

Актуальність дослідження впливу енергоефективних заходів на енергоспоживання адміністративної будівлі є дуже високою з огляду на сучасні економічні та екологічні вимоги. В умовах підвищення цін на енергоресурси та необхідності зменшення викидів парникових газів, оптимізація енергоспоживання стає критично важливою. Енергоефективні заходи дозволяють знизити витрати на енергоресурси, покращити комфорт працівників, зменшити екологічний вплив та підвищити загальну ефективність функціонування будівлі. Це дослідження також сприяє довгостроковій сталості та економічному розвитку, забезпечуючи раціональне використання ресурсів.

Енергоефективні заходи відіграють важливу роль у стимулюванні розвитку сучасних технологій та інновацій. Процес дослідження та впровадження енергозберігаючих заходів вимагає використання найсучасніших технологій і рішень, що стимулює науково-технічний прогрес. Наприклад, нові матеріали для теплоізоляції будівель, передові системи управління енергоспоживанням, розвиток відновлюваних джерел енергії - всі ці технології не лише допомагають

знизити енергоспоживання, але й створюють нові можливості для бізнесу та наукових досліджень.

Крім того, активний розвиток енергоефективних технологій сприяє створенню нових робочих місць в галузі зелених технологій, що підвищує економічну активність та сприяє сталому розвитку економіки. Завдяки цьому Україна може стати лідером у галузі енергоефективності та екологічно чистих технологій, що сприятиме її міжнародному престижу та економічному зростанню [1-4].

[1] Ukraine - Countries & Regions - IEA: веб-сайт. URL: <https://www.iea.org/countries/ukraine/efficiency-demand> (дата звернення 20.11.2024)

[2] Understanding Energy Use in Commercial Buildings - CIM.io: веб-сайт. URL: <https://www.cim.io/blog/understanding-energy-use-in-commercial-buildings> (дата звернення 20.11.2024)

[3] The energy intensity of Ukraine's GDP is one of the highest in the ...: веб-сайт. URL: <https://ukraineinvest.gov.ua/en/news/01-12-2023/> (дата звернення 20.11.2024)

[4] Ukraine - Facilitating municipal energy efficiency finance : policy paper (Inglés): веб-сайт. URL: <https://documents.worldbank.org/pt/publication/documents-reports/documentdetail/398561467997561296/ukraine-facilitating-municipal-energy-efficiency-finance-policy-paper> (дата звернення 20.11.2024)

УДК697.7:725.11

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ ДЛЯ ОПАЛЕННЯ СУЧАСНИХ ТОРГОВИХ ЦЕНТРІВ

UTILIZATION OF ALTERNATIVE ENERGY SOURCES FOR HEATING MODERN SHOPPING CENTERS

А. В. Онищенко, Ю. С. Харченко

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. V. Onyshchenko, Y. S. Kharchenko

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Зростаюча свідомість про необхідність збереження довкілля та пошук нових, більш ефективних способів опалення спонукають власників торгових центрів до переходу на альтернативні джерела енергії. Цей крок не лише сприяє зменшенню викидів парникових газів, але й дозволяє знизити витрати на опалення та підвищити енергонезалежність об'єкта. Зменшення викидів CO₂: Альтернативні джерела енергії, як правило, виробляють менше або взагалі не виробляють шкідливих викидів, що сприяє боротьбі зі зміною клімату. Зниження витрат на опалення: Інвестиції в альтернативні джерела енергії можуть окупитися за рахунок зниження витрат на традиційні енергоносії в довгостроковій перспективі. Підвищення енергонезалежності: Власне виробництво енергії дозволяє знизити залежність від централізованих енергосистем та стати більш енергонезалежним. Позитивний імідж: Використання альтернативних джерел енергії сприяє формуванню позитивного іміджу компанії та залученню екологічно свідомих клієнтів. Які альтернативні джерела енергії можна

використовувати для опалення торгових центрів? Геотермальна енергія: Використання теплової енергії Землі для опалення є одним з найбільш перспективних напрямків. Сонячна енергія: Сонячні колектори або фотоелектричні панелі можуть забезпечувати теплову або електричну енергію для опалення. Біомаса: Використання біомаси (деревини, рослинних відходів) для виробництва тепла або електроенергії. Теплові насоси: Ці пристрої відбирають тепло з навколишнього середовища (повітря, вода, ґрунт) і передають його в систему опалення. Як вибрати оптимальне рішення? Вибір оптимального джерела енергії залежить від багатьох факторів, таких як розмір торгового центру: для великих об'єктів можуть бути доцільними більш масштабні рішення, такі як геотермальні установки або сонячні електростанції. Кліматичні умови: Сонячна енергія найбільш ефективна в сонячних регіонах, а геотермальна енергія – у регіонах з високою геотермальною активністю. Наявність інфраструктури: Для деяких систем може знадобитися додаткова інфраструктура, наприклад, буріння свердловин для геотермальних систем. Вартість обладнання та монтажу: Вартість обладнання та монтажу може значно відрізнятись для різних систем. Термін окупності інвестицій: Важливо оцінити, за який час інвестиції в альтернативне джерело енергії окупляться за рахунок зниження витрат на опалення.

Багато торгових центрів у світі вже успішно використовують альтернативні джерела енергії для опалення. Наприклад, деякі торгові центри в Скандинавії повністю забезпечуються теплом від геотермальних джерел. В інших країнах популярні сонячні панелі та теплові насоси [1-4].

Отже, перехід на альтернативні джерела енергії для опалення торгових центрів – це не лише екологічно відповідальне рішення, але й економічно вигідне в довгостроковій перспективі. Завдяки різноманітності доступних технологій, кожен власник торгового центру може підібрати оптимальне рішення, яке відповідає його потребам та можливостям.

1. Commercial Buildings Energy Consumption Survey (CBECS) - EIA: веб-сайт. URL: <https://www.eia.gov/consumption/commercial/pba/mercantile.php> (дата звернення 20.11.2024)
2. Energy Efficiency in Shopping Centers - Longevity Partners US: веб-сайт. URL: <https://longevity-partners.com/us/news/energy-efficiency-in-shopping-centers/> (дата звернення 20.11.2024)
3. Commercial Real Estate Guide - CPower Energy: веб-сайт. URL: <https://cpowerenergy.com/commercial-real-estate-complete-guide/> (дата звернення 20.11.2024)
4. Revolutionizing Energy Efficiency in Commercial and Institutional Buildings: A Complete Analysis - ResearchGate: веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/384210299_Revolutionizing_Energy_Efficiency_in_Commercial_and_Institutional_Buildings_A_Complete_Analysis (дата звернення 20.11.2024)

**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В
БУДІВЛЯХ ЗАКЛАДІВ ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я**

**ANALYSIS OF MODERN VENTILATION SYSTEMS FOR USE IN
HEALTHCARE FACILITY BUILDINGS**

*канд. техн. наук Ю. А. Бабіченко,
М. П. Мандрика*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*J. A. Babichenko, PhD (Tech.),
M. P. Mandryka*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Вентиляція в медичних закладах має вирішальне значення з кількох причин. По-перше, вона запобігає поширенню інфекцій, допомагаючи розбавляти та видаляти патогенні мікроорганізми з повітря, що знижує ризик внутрішньолікарняних інфекцій. По-друге, вона підтримує оптимальний мікроклімат, створюючи комфортні умови температури та вологості, що сприяє швидкому одужанню пацієнтів і підвищує продуктивність медичного персоналу. Крім того, вентиляція видаляє шкідливі речовини, такі як хімічні речовини, використовувані в процесі лікування або присутні в будівельних матеріалах, забезпечуючи при цьому постійний приплив свіжого повітря, що покращує концентрацію уваги та знижує втому медичного персоналу.

Основні вимоги до систем вентиляції в медичних закладах включають високу ефективність, здатність забезпечувати необхідний об'єм припливного повітря та ефективно видаляти забруднене повітря. Надійність системи є критично важливою для забезпечення безпеки пацієнтів, а її енергоефективність допомагає знизити витрати на експлуатацію. Гнучкість системи дозволяє легко адаптуватися до змінних умов експлуатації, а низький рівень шуму сприяє створенню комфортного середовища для пацієнтів.

Сучасні рішення для вентиляції медичних закладів:

- Системи з рекуперацією тепла: Дозволяють заощадити на опаленні та кондиціонуванні, оскільки тепло з витяжного повітря передається припливному.
- Модульні системи: Гнучкі системи, які легко адаптувати до різних приміщень і потреб.
- Системи з високоефективними фільтрами: Забезпечують високий рівень очищення повітря від пилу, бактерій та інших забруднювачів.
- Системи з ультрафіолетовим опромінюванням: Додатково дезінфікують повітря.
- Інтелектуальні системи управління: Автоматично регулюють роботу системи в залежності від зовнішніх умов і внутрішніх потреб.

Отже, правильно спроектована та налаштована система вентиляції є одним з найважливіших факторів, що впливають на якість медичного обслуговування. Сучасні технології дозволяють створити системи, які не тільки забезпечують необхідний рівень чистоти повітря, але й є енергоефективними та зручними в експлуатації [1-4].

[1] C. Air | Infection Control | CDC: веб-сайт. URL: <https://www.cdc.gov/infection-control/hcp/environmental-control/air.html> (дата звернення 24.11.2024)

[2] Infection and ventilation - Natural Ventilation for Infection Control in ...: веб-сайт. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143278/> (дата звернення 24.11.2024)

[3] The Impact of Hospital-Ward Ventilation on Airborne-Pathogen ...: веб-сайт. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7958517/> (дата звернення 24.11.2024)

[4] Ventilation control for airborne transmission of human exhaled bio-aerosols in buildings: веб-сайт. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6072925/> (дата звернення 24.11.2024)

УДК699.86:725:69.059.22

АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

ANALYSIS OF MODERN THERMAL INSULATION MATERIALS FOR THE THERMOMODERNIZATION OF PUBLIC BUILDINGS

*канд. техн. наук Ю. А. Бабіченко,
Я. В. Ропало*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*J.A. Babichenko, PhD (Tech.),
Ya.V. Ropalo*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Термомодернізація громадських будівель – це важливий крок до енергоефективності та зменшення витрат на опалення. Вибір правильного теплоізоляційного матеріалу – це ключове рішення, яке впливає на ефективність утеплення та довговічність будівлі.

Сучасні теплоізоляційні матеріали пропонують широкий спектр властивостей, таких як низька теплопровідність, висока міцність, вологостійкість, паропроникність та екологічність. Кожен матеріал має свої переваги та недоліки, тому вибір залежить від конкретних умов та вимог.

Мінеральна вата – один з найпоширеніших матеріалів. Вона має високу вогнестійкість, низьку теплопровідність та хороші звукоізоляційні властивості. Однак, мінеральна вата гігроскопічна і може подразнювати шкіру.

Пінополістирол – легкий і доступний матеріал з низькою теплопровідністю. Однак, він горючий і виділяє шкідливі речовини при горінні.

Пінополіуретан – матеріал з високою адгезією, низькою теплопровідністю та пароізоляцією. Але він також горючий і вимагає професійного монтажу.

Ековата – екологічно чистий матеріал з хорошими тепло- та звукоізоляційними властивостями. Однак, він нестійкий до вологи і вимагає спеціального обладнання для укладання.

Піноскло – дуже міцний, вогнестійкий і довговічний матеріал з низькою теплопровідністю. Однак, він має високу вартість і є крихким.

При виборі матеріалу необхідно враховувати:

- Тип будівлі: житлова, адміністративна, промислова.
- Конструктивні особливості: матеріал стін, перекриттів, покрівлі.
- Кліматичні умови регіону.
- Бюджет.
- Вимоги до пожежної безпеки, екологічності та інших характеристик.

Сучасні тенденції в теплоізоляції:

• Комбіновані системи: використання декількох видів теплоізоляції для досягнення оптимальних результатів.

• Інноваційні матеріали: розробка нових матеріалів з покращеними характеристиками.

• Системи теплоізоляції з зовнішнім утепленням: забезпечують більш ефективну теплоізоляцію та покращують зовнішній вигляд будівлі [1-6].

Отже, вибір теплоізоляційного матеріалу – це відповідальне рішення, яке впливає на енергоефективність та комфортність будівлі. Рекомендується звернутися до фахівців для проведення теплотехнічного розрахунку та підбору оптимального матеріалу.

[1] Комплексна термомодернізація житла: великі плани в період безгрошів'я: веб-сайт. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/kompleksna-termomodernizatsiia-zhytla-velyki-plany-u-period-bezhroshivya> (дата звернення 24.11.2024)

[2] Мінвідновлення затвердило Стратегію термомодернізації ...: веб-сайт. URL: <https://ua-energy.org/uk/posts/minvidnovlennia-zatverdilo-stratehiu-termomodernizatsii-budivel-do-2050-roku> (дата звернення 24.11.2024)

[3] Програма з утеплення громадських будівель - хто і як може ...: веб-сайт. URL: <https://zn.ua/ukr/reforms/termomodernizatsija-pid-vittja-siren.html> (дата звернення 24.11.2024)

[4] Аналіз характеристик утеплювачів: веб-сайт. URL: <https://tepla-kvartyra.kiev.ua/uk/porivnyannya-karakteristik-uteplyuvachiv/> (дата звернення 24.11.2024)

[5] Види теплоізоляційних матеріалів – Перший Дім: веб-сайт. URL: <https://www.1d.ua/uk/vidi-teploizoljatsijnih-materialiv/> (дата звернення 24.11.2024)

[6] Утеплення фасадів: ефективні сучасні рішення для збереження ...: веб-сайт. URL: <https://www.buduymo.com.ua/uteplennia-fasadiv-efektyvni-suchasni-rishennia-dlia-zberezhennia-tepla-ta-estetyky-vashoho-budynku/>

**АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ЗАХОДІВ
ПРИ ПРОЄКТУВАННІ УКРИТТІВ**

**RELEVANCE OF THE USE OF ENERGY-EFFICIENT MEASURES IN THE
DESIGN OF SHELTERS**

*канд. техн. наук Ю. А. Бабіченко,
М. В. Скрицький*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*J. A. Babichenko, PhD (Tech.),
M. V. Skrytskyi*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасні глобальні виклики, включаючи зростаючу частоту природних катастроф, геополітичну нестабільність та інші кризові ситуації, зумовлюють необхідність переосмислення підходів до створення та експлуатації захисних споруд.

Енергоефективність укріттів сьогодні є невід'ємною необхідністю через кілька основних факторів. По-перше, сучасні реалії вимагають готовності до тривалого перебування в укріттах. Енергоефективність забезпечує комфортні умови, знижує витрати на обігрів або охолодження та підвищує автономність укріття. По-друге, в екстремальних ситуаціях ресурси, зокрема енергія, можуть бути обмежені, тому оптимізація споживання енергії стає вкрай важливою для генераторів та інших джерел живлення. Крім того, комфортна температура та якісне повітря в укрітті підтримують здоров'я людей, особливо вразливих категорій населення. Використання енергоефективних технологій зменшує викиди шкідливих речовин в атмосферу, що сприяє екологічності.

Зменшення споживання енергії допомагає знизити навантаження як на електричні системи будівлі, так і на електромережу в цілому, що є особливо важливим при використанні автономних джерел енергії, таких як генератори. Існує безліч стратегій для досягнення енергоефективності, включаючи орієнтацію будівлі, теплоізоляцію, вентиляцію, освітлення та використання відновлюваних джерел енергії, і всі вони сприяють мінімізації загального енергетичного сліду укріття. Застосування комплексного підходу до енергоефективності, що охоплює різні аспекти проєктування та технологій, є необхідним для значного зменшення енергетичного сліду укріттів, роблячи їх більш стійкими та автономними в умовах обмежених ресурсів.

Отже, енергоефективність є не просто технічним аспектом проєктування сучасних укріттів, а нагальною необхідністю, зумовленою сучасними викликами та потребами. Забезпечення комфортних умов для тривалого перебування, підтримка здоров'я людей, оптимізація використання обмежених ресурсів, зниження експлуатаційних витрат та мінімізація негативного впливу на

довкілля – ось лише деякі з ключових переваг енергоефективних укріттів. Інвестиції в енергоефективність сьогодні є інвестиціями в майбутнє, забезпечуючи безпеку, комфорт та стійкість захисних споруд. При проектуванні та будівництві укріттів необхідно враховувати всі аспекти енергоефективності, щоб створити оптимальні умови для перебування людей та сприяти досягненню цілей сталого розвитку [1-4].

[1] energy.sustainability-directory.com: веб-сайт. URL: <https://energy.sustainability-directory.com/question/why-is-energy-efficiency-crucial-for-low-income-housing/#:~:text=Energy%20efficiency%20reduces%20financial%20strain,for%20low%2Dincome%20housing%20residents>. (дата звернення 24.11.2024)

[2] Why Is Energy Efficiency Crucial for Low Income Housing ...: веб-сайт. URL: <https://energy.sustainability-directory.com/question/why-is-energy-efficiency-crucial-for-low-income-housing/> (дата звернення 24.11.2024)

[3] Health and wellbeing – Multiple Benefits of Energy Efficiency 2019 ...: веб-сайт. URL: <https://www.iea.org/reports/multiple-benefits-of-energy-efficiency-2019/health-and-wellbeing> (дата звернення 24.11.2024)

[4] Energy efficiency in modular emergency shelters: Impact of envelope finishings and shadowing - Research Collection: веб-сайт. URL: <https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/681687> (дата звернення 24.11.2024)

УДК621.31: 697.7

МОДЕРНІЗАЦІЯ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ РОЗТАШОВАНОЇ В МІСТІ ХАРКОВІ

MODERNIZATION OF THE HEATING SYSTEM OF A PUBLIC BUILDING LOCATED IN KHARKIV

*канд. техн. наук О. В. Василенко,
С. С. Андреев, М. В. Сташко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*O. V. Vasylenko, PhD (Tech.),
S. S. Andreiev, M. V. Stashko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Натепер в Україні при будівництві або при реконструкції будівель вимагають розробку та реєстрацію енергетичного сертифікату. Енергетичний сертифікат будівлі — це офіційний документ, який містить інформацію про рівень енергоефективності об'єкта, споживання енергоресурсів і рекомендації щодо його покращення. Цей сертифікат використовується для оцінки ефективності енергоспоживання будівлі та відповідності її сучасним нормативним вимогам.

Призначення енергетичного сертифіката: дозволяє всиновлювати клас енергетичної ефективності будівлі (від "А" — високий до "G" — низький). Показує реальний стан систем теплопостачання, вентиляції, охолодження, освітлення та інших енергетичних параметрів.

Сертифікат містить рекомендації для зниження енергоспоживання: утеплення, оновлення інженерних систем, модернізація обладнання. Сприяє раціональному використанню ресурсів.

Модернізація системи теплопостачання є одним із найбільш ефективних способів підвищення класу енергетичної ефективності будівлі. Для цього можна застосувати низку технологій і рішень, які сприяють зниженню енергоспоживання, підвищенню теплотехнічних характеристик і зниженню витрат на енергоносії. Встановлення високоефективних котлів: Використання конденсаційних котлів або когенераційних установок (які виробляють тепло і електрику одночасно) підвищує ефективність використання палива і знижує витрати енергії. Реконструкція котелень: Заміна старих застарілих котлів на нові енергоефективні моделі може значно покращити показники енергетичної ефективності будівлі. Інтелектуальні системи управління: Встановлення систем автоматичного регулювання температури в приміщеннях дозволяє зменшити споживання енергії, підвищуючи комфорт в залежності від часу доби та температури на вулиці. Встановлення терморегуляторів і датчиків: Вони дозволяють точно налаштувати температурний режим у приміщеннях та знижують витрати енергії. Сонячні колектори: Встановлення сонячних колекторів для підігріву води дозволяє зменшити навантаження на основну систему опалення. Теплові насоси: Використання геотермальних або повітряно-водяних теплових насосів дозволяє значно знизити витрати енергії на опалення. Заміна трубопроводів та теплових ізоляцій: Утеплення труб і оптимізація теплових мереж дозволяє зменшити втрати тепла в процесі транспортування енергії до приміщень. Перехід на децентралізовані системи теплопостачання: Встановлення малих когенераційних установок або індивідуальних котелень дозволяє скоротити втрати тепла і знизити енергоспоживання. Зниження витрат на енергоресурси: Оновлення системи теплопостачання дозволяє знизити споживання енергії і значно зменшити рахунки за опалення.

Зниження викидів CO₂: Використання енергоефективних технологій та відновлюваних джерел енергії сприяє зменшенню викидів парникових газів. Модернізація цих систем дозволяє підвищити енергетичний клас будівлі знижуючи витрати на енергоносії та підвищуючи ефективність споживання енергії. У результаті будівля може отримати вищий клас (наприклад, від "С" до "В" чи "А"), що покращить її ринкову вартість та знизить витрати на утримання. Завдяки таким змінам будівля стане більш комфортною для проживання і експлуатації, а також значно знижуватимуться витрати на енергію.

[1] Щербініна С. А. Напрями підвищення енергоефективності житлового будівництва // Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Економічні науки. – 2014. – № 28. – С. 117–121.

[2] Посібник з обслуговування громадських будівель після впровадження заходів з підвищення енергоефективності // Платформа енергоефективності. – 2024.

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОТЕЛЬНОЇ ШЛЯХОМ
ВСТАНОВЛЕННЯ СУЧАСНОГО КОТЕЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З
КОГЕНЕРАЦІЙНОЮ УСТАНОВКОЮ**

**IMPROVING BOILER PLANT EFFICIENCY BY INSTALLING MODERN
BOILER EQUIPMENT WITH A COGENERATION UNIT**

*канд. техн. наук О. В. Василенко,
В. О. Шаповал, М. В. Сташко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*O. V. Vasylenko, PhD (Tech.),
V. O. Shapoval, M. V. Stashko*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Упровадження когенераційних установок в Україні має значний потенціал, оскільки країна прагне підвищити енергетичну ефективність, зменшити залежність від імпортного палива та інтегрувати відновлювані джерела енергії.

Переваги впровадження когенерації в Україні: підвищення енергоефективності а саме комбінованому виробництву тепла та електроенергії, ефективність використання палива може досягати 80-90%; зменшення викидів CO₂, особливо для установок, що працюють на відновлюваних джерелах енергії; енергетична незалежність тобто використання місцевих ресурсів (біогаз, тверде біопаливо) знижує потребу в імпорті газу чи вугілля; економічний чинник, економія коштів для підприємств на закупівлю електроенергії та тепла та можливість продажу надлишкової електроенергії за вигідними тарифами.

При впровадженні когенерації виникає ряд перепон які мають наступні аспекти: фінансові обмеження, невідповідність інфраструктури, регуляторні та адміністративні перешкоди. Для подолання цих викликів потрібно щоб держава надавала підтримку у вигляді стимулювання проектів через гранти, субсидії чи податкові пільги. Залучення міжнародної допомоги у вигляді використання коштів міжнародних фінансових організацій (ЄБРР, Світовий банк) для фінансування когенераційних проектів.

Харківські проекти у сфері когенерації демонструють значний прогрес у зміцненні енергетичної безпеки та ефективності міста, особливо в умовах постійних пошкоджень енергетичної інфраструктури. У місті до кінця 2024 року планується встановити 127 когенераційних установок, що забезпечать децентралізоване тепло- та електропостачання для житлових будинків, соціальних установ і лікарень.

Реалізація включає використання газопоршневих двигунів та блочно-модульних котелень, які поєднують високий рівень енергоефективності з гнучкістю використання. Для оцінки технічних характеристик і економічної ефективності когенераційних установок у Харкові варто зосередитися на

ключових параметрах і перевагах таких систем, зокрема для котелень, що обслуговують житлові будинки, лікарні та соціальні установи. Технічні характеристики когенераційних установок (КГУ): типовий діапазон потужностей, електрична потужність: 50–2000 кВт для малих і середніх установок, які підходять для міських котелень, теплова потужність: 70–3000 кВт залежно від потреб конкретного об'єкта. Коефіцієнт використання палива (КВП): сучасні установки досягають КВП 85–90%, що перевищує традиційні котли, які мають КВП до 50%. Основним паливом у місті Харків становить – природний газ. Як установки обираються для умов міста Харків - Газопоршневі двигуни. Харків планує надалі розвивати децентралізовані системи енергозабезпечення, включаючи збільшення кількості об'єктів з когенераційними установками. Це підвищить стійкість міста до кризових ситуацій та сприятиме інтеграції України в європейські енергетичні ринки.

- [1] Пісарев В. Є., Степанов М. В. Застосування когенераційних технологій в централізованому тепlopостачанні // Вісник Київського національного університету будівництва і архітектури. – 2021. – № 4. – С. 85-92. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://repository.knuba.edu.ua/items/035aa3ab-ec47-4913-a7b2-93cf0e7e0233> (дата звернення: 13.11.2024).
- [2] Марчук В. В. Газопоршневі когенераційні установки: ключ до енергетичної безпеки та сталого розвитку України // Енергетика та сталий розвиток. – 2022. – № 2. – С. 45-57. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ir.kneu.edu.ua/items/2cd24c40-5835-442f-898b-473b5617bc03> (дата звернення: 13.11.2024).
- [3] Чайковська Є. Є. Розробка енергозберігаючої технології функціонування біогазової установки у складі когенераційної системи // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2023. – № 1(103). – С. 112-121. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/44252> (дата звернення: 13.03.2025).
- [4] Клименко В. Н., Мазур А. І., Сігал О. І. Когенераційні системи з тепловими двигунами: довідковий посібник у 3-х частинах. – Київ: УАБЮ, 2020. – 312 с. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://uabio.org/materials/9369/> (дата звернення: 13.11.2024).

УДК 621.7:658.5

ВИБІР ІНСТРУМЕНТІВ УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЮ ЕФЕКТИВНІСТЮ ПІДПРИЄМСТВ МАЛОГО ТА СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ

SELECTING MANAGEMENT TOOLS ENERGY EFFICIENCY OF COMPANIES SMALL AND MEDIUM-SIZED BUSINESSES

*канд. техн. наук Г. В. Біловол,
Д. С. Орлов, О. О. Бабич*

Український державний університет залізничного транспорту (Харків)

*H. V. Bilovol, PhD (Tech.),
D. S. Orlov, O. O. Babych*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Натепер тема енергоефективності займає одне з найголовніших місць у внутрішній політиці нашої держави. Упроваджено та впроваджується значна

кількість заходів: семінари, форуми, лекції та виставки. Однак, основна проблема повільної зміни ситуації полягає у відсутності комплексного та систематичного підходу до цього питання. Тривалий час увага концентрується на окремих заходах – заміна котлів, утеплення фасадів, заміна вікон тощо. При цьому, ігнорується необхідність подивитися на проблему комплексно, з різних сторін і розглянути всі компоненти, що впливають на загальну величину енергоспоживання.

Згідно Закону України «Про енергетичну ефективність» [1] встановлено обов'язок суб'єктів великого підприємництва проводити енергетичний аудит кожні чотири роки. Також, у разі залучення державної допомоги на здійснення енергоефективних заходів може вимагатись проведення енергетичного аудиту. Але згідно Закону дані суб'єкти звільняються від обов'язку проведення енергетичного аудиту при запровадженні системи енергетичного та/або екологічного менеджменту. Таким чином, на законодавчому рівні визнаються два інструменти підвищення енергетичної ефективності: енергетичний аудит та система енергетичного менеджменту (СЕНМ).

Для багатьох підприємств не просто зробити вибір напряму, за яким рухатись. Часто це пов'язано з недостатнім рівнем обізнаності щодо суті та особливостей енергетичного аудиту та менеджменту. Складно оцінити ступінь готовності своєї компанії до впровадження СЕНМ з точки зору організаційних зусиль та фінансових затрат. Часто енергетичний аудит виглядає як більш привабливий варіант тому, що будуть залучені сторонні аудитори належної кваліфікації. І вони підготують звіт про можливості підвищення рівня енергоефективності. Раціональна оптимізація експлуатації будівель, технологічних установок і процесів може принести значну економію. Однак не так легко виявити найбільш оптимальний підхід, щоб підвищення енергоефективності відбувалось на очікуваному рівні.

Саме небажання активізувати всіх членів колективу призводить до ситуації, коли працівники не зацікавлені у досягненні результату, енергоефективні заходи впроваджуються не у повній мірі, і, частіше за все, без подальшого моніторингу їх успішності.

Тому з точки зору забезпечення системного підходу в управлінні енергоефективністю рекомендується впровадження СЕНМ за Міжнародним стандартом ISO 50001:2018 [2]. Під час впровадження його складових підприємство чітко розуміє, які процеси необхідні для покращення енергоефективності; які фактори впливають на загальний обсяг енергоспоживання; що перешкоджає досягати поставлених цілей і завдань; який потенціал виробничої системи (тобто потенційний розкид значень споживання).

Стандарт ISO 50001:2018 «Системи енергетичного менеджменту» передбачає окрім традиційних кроків, які виконуються при проведенні енергетичного аудиту, виконання дій по створенню сприятливого середовища для стабільного підвищення результативності. А також забезпечення всіма видами ресурсів (організаційними, інформаційними, технічними, фінансовими та ін.). Основні процедури, які виконуються при розробці та впровадженні системи енергетичного менеджменту на підприємстві.

Вимога до організації щодо необхідності встановлення, впровадження та підтримки Енергетичної Політики. Отже, перший крок – прийняття громадських зобов'язань, відбитих у Енергетичній політиці.

Ідентифікація та аналіз енергетичних аспектів. Мета даного кроку – визначення областей значного споживання енергії, які становлять найбільшу частку у використанні енергії або мають найбільший потенціал для збереження енергії. Для виконання поставлених завдань організація повинна вести Реєстр ризиків та можливостей.

Встановлення точки відліку (базової лінії енергоспоживання); цілей, завдань та програм, а також індикаторів енергетичної ефективності, за допомогою яких буде проводитись моніторинг змін споживання енергії.

Розробка програм з енергоменеджменту є гарантією того, що організація досягне своїх цілей та завдань. Програми містять заходи, як організація планує покращити енергоефективність.

Делегування повноважень за допомогою розподілу відповідальності для досягнення поставлених цілей. Визначаються ключові ролі та відповідальність у системі енергоменеджменту.

Операційний контроль, а також облік аспектів енергозбереження під час проектування та закупівельної діяльності.

Методика проведення енергетичного аудиту включає часткове виконання 2-го та 3-го пунктів. Але не вимагає від підприємства дій по налагодженню систематичної роботи щодо підвищення енергетичної результативності.

[1] Про енергетичну ефективність: Закон України від 21 жовтня 2021 року, № 1818-IX, стаття 1 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1818-20#Text>

[2] ДСТУ ISO 50001:20 Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо застосування. Переклад ISO 50001:2011(E) “Energy management systems – Requirements with guidance for use”.

**ВИКОРИСТАННЯ ЧЕК-ЛИСТІВ АНАЛІЗУ РОБОТИ ЕРГЕТИЧНОГО
ОБЛАДНАННЯ ПРИ САМОДІАГНОСТИЦІ ПІДПРИЄМСТВ**

**USE OF CHECKLISTS FOR ANALYZING THE OPERATION OF POWER
EQUIPMENT IN SELF-DIAGNOSIS OF ENTERPRISES**

*канд. техн. наук Г. В. Біловол¹, В. В. Александров²,
П. Ф. Дишко¹, А. П. Бродовський¹*

*¹Український державний університет залізничного транспорту (Харків)
²Департамент корпоративної безпеки ПАТ «Українська залізниця» (Харків)*

*H. V. Bilovol¹, PhD (Tech.), V. V. Aleksandrov²,
P. F. Dyshko¹, A. P. Brodovskii¹*

¹Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

²Corporate Security Department of the PJSC "Ukrainian Railways (Kharkiv)

Енергоефективність є одним з ключових аспектів успішного розвитку кожної компанії. Внутрішня політика з енергоефективності повинна бути орієнтована на впровадження заходів із енергозбереження та використання альтернативних джерел енергії з метою підвищення ефективності виробництва, зниження енергоемності продукції та зменшення навантаження на навколишнє середовище. Але провадження такої політики на постійній основі на підприємстві потребує певної кваліфікації робітників. Як показує досвід, запрошення сторонніх аудиторських компаній відбувається не регулярно. Через високу вартість робіт вони рідко виконуються детально для кожної енергозатратної системи.

Доцільним є налагодити роботу по оцінці ефективності споживання енергії за участю робітників, що задіяні в експлуатації конкретного енергоємного обладнання. Для цього бажано опанувати та застосовувати методики, які дозволяють здійснювати пошук енергоефективних рішень для різного типу обладнання. Використання готових чек-листів для найбільш енергоємного обладнання є ефективним інструментом для пошуку потенціалу.

Підвищення енергоефективності на підприємстві підвищує доходи і разом із тим приносить такі результати [1]:

- заощадження коштів, що забезпечує зростання конкурентоспроможності підприємства, особливо у разі зростання цін на енергоносії;
- збільшення продуктивності через удосконалення виробничих процесів, що пов'язані зі способом використання енергії;
- встановлення квот на викиди, що дає змогу знизити залежність від цін на енергоносії, зменшити ризики компанії, що, своєю чергою, підвищує вартість підприємства;
- скорочення викидів у навколишнє середовище, через що покращується екологічний стан, а з ним – імідж підприємства [2].

Основні завдання при проведенні енергетичного обстеження на промислових підприємствах – краще зрозуміти, як використовується енергія, знайти джерела втрат енергії, провести аналіз кореневих причин та розробити заходи, спрямовані на підвищення ефективності використання енергії.

Енергія може споживатися під час виробничих процесів, обслуговування допоміжних процесів та задля інших призначень (в будинках, складах, офісних приміщеннях тощо.). Основними системами, які відносять до суттєвих споживачів енергії на промислових підприємствах є:

- стиснуте повітря;
- охолодження/заморожування/кондиціонування;
- теплові системи;
- електродвигуни;
- освітлення;
- будівлі.

Робочі режими, технологічні норми, контроль процесів, методи роботи та техобслуговування можуть значно впливати на енергоспоживання на підприємстві і, отже, також позначаються на можливостях енергозбереження. Очевидні недогляди у методах господарювання – наприклад, витікання пари, води, конденсату, стисненого повітря чи інші необґрунтовані втрати у виробничих процесах – можна побачити під час обходу підприємства. Але тут важливо мати чітке уявлення на що звертати увагу при аналізі роботи тієї чи іншої системи. Ефективною допомогою при пошуку відхилень від норми може слугувати перелік типових випадків нераціонального витрачання енергії для кожного типу обладнання. Перелік таких випадків доцільно звести в окремий документ – чек-лист. Окрім переліку опцій, потенційно здатних підвищити ефективність, чек-лист включає відмітку про проведення перевірки на даний показник та інформацію щодо застосовності до наявного на підприємстві обладнання.

Було розроблено чек-листи типових випадків нераціонального витрачання енергії для трьох найбільш енергоємних типів промислового обладнання: виробництво пари і гарячої води, системи охолодження та заморожування, системи стиснутого повітря.

В результаті були проаналізовані основні етапи енергетичного обстеження на промислових підприємствах; виокремлені типові системи, що є на підприємствах основними споживачами енергії; розроблені чек-листи для пошуку можливостей підвищення енергоефективності при виробництві пари та гарячої води, а також для системи охолодження та заморожування і системи стиснутого повітря.

[1] Маслікевич М.Р. Сутність оцінки енергоефективності підприємства / М.Р. Маслікевич, Б.М. Сердюк // Актуальні проблеми економіки та управління. – 2011. – Вип. 5. – С. 110–114.

[2] Дзуліт З.П. Методичні підходи до оцінки еколого-економічного управління системою охорони атмосферного повітря. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. Львів, 2015. - 25.05. С. 237-246.

[3] Ворфоломеев А. В. Ресурсоефективне та чисте виробництво як інструмент підвищення конкурентоспроможності вітчизняних підприємств. *Сучасні підходи до управління підприємством: збірник наукових праць*. Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2017. С. 65.

СЕКЦІЯ

ВАГОНИ: КОНСТРУЮВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

УДК 629.424:620.178

АНАЛІЗ МЕХАНІЧНИХ ПОШКОДЖЕНЬ НЕСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ТЕПЛОВОЗІВ ПРОМИСЛОВОГО ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

ANALYSIS OF MECHANICAL DAMAGE OF LOAD-BEARING STRUCTURES OF THERMAL TRUCKS OF INDUSTRIAL RAIL TRANSPORT

*канд. техн. наук А. О. Сулим,
Ю. С. Павленко, О. М. Білецький
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут
вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)*

*A. O. Sulym, PhD (Tech.),
Yu. S. Pavlenko, O. M. Biletskyi
State Enterprise “Ukrainian Scientific Railway Car Building
Research Institute” (SE “UkrNDIV”)*

Тепловозний парк промислового залізничного транспорту України складається із різних моделей тепловозів закордонного виробництва, випущених переважно до 1995 року. Основу цього парку складають тепловози типу ЧМЕ, ТЕМ, ТГМ, 2ТЕ10, 2ТЕ116, М62 та їх модифікації. В нинішніх реаліях у промислових підприємств України відсутня можливість закупівлі нових тепловозів, тому гостро стоїть питання необхідності подовження строку служби існуючих.

Основою рішення про можливість подовження строку служби тепловоза є позитивні результати досліджень за підсумками проведення його технічного діагностування. Під час технічного діагностування аналізують механічні та корозійні пошкодження несних конструкцій тепловозів з визначенням їх фактичних величин методами неруйнівного контролю. За результатами досліджень оформлюють технічні рішення щодо можливості подальшої експлуатації обстежених тепловозів.

Питання подовження строку служби, технічного діагностування, модернізації з подальшим подовженням строку служби тепловозів розглядалися в роботах [1 — 4]. Однак в наведених роботах не виконувались дослідження з визначення характерних типів механічних пошкоджень залежно від роду виконуваних робіт тепловозами та умов їх експлуатації. Тому в цій роботі пропонується зупинитись на цих питаннях та детальніше їх дослідити.

У період з 2018 по 2024 роки спеціалістами ДП «УкрНДІВ» на коліях

промислових підприємств України були проведені науково-експериментальні дослідження несних металоконструкцій кузовів і візків тепловозів державних та приватних власників, побудованих у 1963-2002 роках. У цей період було виконано технічне діагностування 417 тепловозам типу ЧМЕ, ТЕМ, ТГМ, 2ТЕ10, 2ТЕ116, М62 та їх модифікацій, що експлуатувалися з різними навантаженнями, кліматичними умовами та різним ступенем агресивності навколишнього середовища. Науково-експериментальні дослідження було проведено згідно вимог типових методик з використанням ультразвукового та інших методів неруйнівного контролю.

За результатами аналізу значної вибірки даних щодо механічних пошкоджень в процесі науково-експериментальних досліджень тепловозів з завершеним строком служби для різних їх умов експлуатації зроблені такі висновки:

1. Установлено, що інтенсивність механічних пошкоджень не залежить від типу тепловозу, а в значній мірі залежить від умов експлуатації цього тепловозу, зокрема роду та інтенсивності виконуваних робіт, кліматичних умов та агресивності умов навколишнього середовища.

2. Визначено, що найбільше механічних пошкоджень зафіксовано у несних конструкціях тепловозів, які здійснюють переважно маневрові роботи з високою інтенсивністю співударів та експлуатуються в помірних кліматичних умовах з підвищеною вологістю, а також металургійних та хімічних підприємствах з підвищеною температурою та підвищеним вмістом хімічних сполук відповідно. У свою чергу, механічних пошкоджень у несних конструкціях тепловозів за умов дотримання правил технічної експлуатації та ремонту, які займаються вивізними та маневрово-вивізними роботами за помірних кліматичних умов та звичайних неагресивних умов середовища, практично не зафіксовано.

3. Виключено з інвентарного парку 4 з-поміж понад 400 тепловозів, яким проводилось технічне діагностування, за наявності значних механічних пошкоджень їх хребтових балок.

4. Визначено, що найбільш характерним типом механічних пошкоджень для тепловозів, що здійснюють вивізні та маневрово-вивізні роботи є тріщини та деформації (прогини) листів у середніх частинах хребтових балок. Для тепловозів, що здійснюють маневрові роботи значної інтенсивності в кар'єрах, металургійних комбінатах, морських портах найбільш характерним типом механічних пошкоджень є горизонтальні тріщини в листах поздовжніх хребтових балок в консольній частині тепловоза в зоні упора ударно-поглинального апарату, прогин поздовжніх балок хребтової балки в консольній частині тепловоза, деформація листів хребтової балки в зоні кріплення заднього стяжного ящика ударно-поглинального апарату.

[1] Кара С.В., Петренко В.О., Прокопенко П.М., Гордієнко Т.М. Дослідження несучих конструкцій тепловозів серії ЧМЕЗ та визначення можливості продовження терміну їх експлуатації. Залізничний транспорт України. 2019. № 3. С. 9–13. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-131-2-09-13>

- [2] Леонєць В.А., Кара С.В., Прокопенко П.М. Оцїнка залишкового ресурсу несучих конструкцїй тепловозїв серїї 2TE10 та визначення можливостї продовження термїну їх експлуатацїї. Залїзничний транспорт України. 2019. № 4. С. 19–28. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2019-133-4-19-28>
- [3] Горобець Є. В. Аналіз динаміки зносу несучих конструкцїй маневрових тепловозїв промислового залїзничного транспорту під впливом корозїї матеріалу. Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залїзничного транспорту. 2020. № 6 (90). С. 57–65. DOI: <https://doi.org/10.15802/stp2020/224336>
- [4] Павленко Ю.С., Войтенко О.І., Полулях С.М. Питання модернізацїї маневрових тепловозїв ТГМ6 в Україні. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2023. Вип. 26. С. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2023-26-25-39>

УДК 629.463

АНАЛІЗ ВІДМОВ ТА НЕСПРАВНОСТЕЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

ANALYSIS OF FAILURES AND MALFUNCTIONS OF FREIGHT CARS

канд. техн. наук А. О. Сулим, Ж. О. Семко
Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)

A. O. Sulym, PhD (Tech.), Zh. O. Semko
State Enterprise “Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute” (SE “UkrNDIV”)

Безвідмовність роботи залїзничних вантажних вагонів є одним із найважливіших факторів забезпечення безпеки руху на залїзницях країни. Вимоги для забезпечення безпеки руху є обов'язковими для всіх юридичних осіб на території України, діяльність яких пов'язана з перевезенням пасажирів, відправленням, перевезенням або одержанням вантажів залїзничним транспортом, незалежно від їх організаційно-правової форми та форми власності. Виконання цих вимог неможливе без організації системи виявлення відмов та несправностей вантажних вагонів, своєчасного реагування на їх появу та вжиття необхідних заходів для попередження виникнення цих відмов.

Завданням цього дослідження є аналіз технічних відмов та несправностей вантажних вагонів під час їх експлуатацїї, які можуть стати причиною транспортних подій.

У роботах [1-4] питання аналізу відмов вантажних вагонів розглядалось, але стосувалось конкретних типів вантажних вагонів, систем або окремих вузлів. При цьому, комплексному аналізу відмов, який би одночасно охоплював відмови та несправності різних типів вагонів та їх систем, значної уваги не приділялось. Тому, в цій роботі пропонується дослідити відмови та несправності таких важливих систем і вузлів вантажних вагонів як ходова частина, гальмівна система, несна конструкція, автозчепний пристрій, які безпосередньо впливають на безпеку залїзничного транспорту.

Вибірка для комплексного аналізу відмов становила 190 вантажних вагонів. При цьому у вибірку увійшли вантажні вагони різного типу (напіввагони, криті

вагони, вагони бункерного типу, вагони-цистерни) одного із вітчизняних заводів-виробників. На момент проведення аналізу всі зазначені вагони не досягли нормативного строку служби. Період, протягом якого аналізувались дані, становив 2 роки. Результати аналізу відмов та несправностей вантажних вагонів залежно від систем, у яких їх було виявлено, зображено на рис. 1.



Рис. 1. Гістограма відмов вантажних вагонів

За результатами аналізу відмов вантажних вагонів для встановленої вибірки визначено наступне:

1. Найбільша кількість відмов зафіксована у ходовій частині вантажних вагонів (230 із 356 відмов або 65 %); в інших системах кількість відмов менша та розподіляється таким чином: гальмівна система (49 відмов або 14 %), несна конструкція та кузов (41 відмова або 12 %), автозчепний пристрій (34 відмови або 9 %).

2. У ходовій частині найбільше відмов через нагрів буксового вузла (100 з 230 відмов або 44 %); на другому місці - тріщина або злам бокової рами (30 з 230 відмов або 13 %); на третьому місці - злами пружин ресорного комплексу (21 з 230 відмов або 9 %); на четвертому місці - викид мастила з буксового вузла на диск (16 з 230 відмов або 7 %); інші відмови мають меншу інтенсивність та сумарною кількістю складають 63 або 27 %.

3. У гальмівній системі найбільше відмов зафіксовано через несправність повітророзподільника (11 із 49 відмов або 22 %); у несній конструкції та кузові - через несправність запору дверей та люків (9 із 43 відмов або 21 %); у автозчепному пристрої - через несправність поглинального апарату (19 із 34 відмов або 56 %).

У подальшому результати цієї роботи можуть бути використані під час удосконалення конструкції вантажних вагонів або їх окремих комплектуючих.

- [1] Петренко В.О., Гордієнко Т.М. Експлуатаційні відмови вагонів-хоперів для перевезення зерна. Залізничний транспорт України. 2020. № 1. С. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2020-134-1-40-49>
- [2] Петренко В.О. Аналіз відмов модернізованих рам вагонів для перевезення зерна моделі 19-752. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2022. Вип. 25. С. 144–152. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-144-152>
- [3] Ловська А.О., Равлюк В.Г. Дослідження ненормативного зносу гальмових колодок і його вплив на ефективність гальмування вантажних поїздів. Збірник наукових праць «Рейковий рухомий склад». 2022. Вип. 25. С. 30–50. DOI: <https://doi.org/10.47675/2304-6309-2022-25-30-50>
- [4] Мурадян Л.А., Шапошник В.Ю., Шикунів О.А. Несправності гальмівного обладнання та дефекти колісних пар вантажних вагонів. Вісник сертифікації залізничного транспорту. 2021. № 3 (67). С. 5–15.

УДК 629.463:620.178

АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ТА МІЦНОСНИХ ЯКОСТЕЙ ВАГОНІВ-ХОПЕРІВ ДЛЯ ПЕРЕВЕЗЕННЯ КОКСУ

ANALYSIS OF DAMAGE AND STRENGTH QUALITIES OF HOPPER WAGONS FOR THE TRANSPORTATION OF COKE

В. В. Федоров

Державне підприємство «Український науково-дослідний інститут вагонобудування» (ДП «УкрНДІВ»)

V. V. Fedorov

State Enterprise “Ukrainian Scientific Railway Car Building Research Institute” (SE “UkrNDIV”)

Кокс – вид твердого палива, яке одержують нагріванням кам'яного вугілля, торфу тощо до високих температур без доступу повітря. Найчастіше застосовують кокс з кам'яного вугілля - твердий поруватий міцний вуглецевий продукт сірого кольору. Застосовують переважно як паливо й відновник у металургійній промисловості.

На залізниці цей вид вантажу перевозиться спеціалізованими вагонами-хоперами в охолодженому стані за температури, що не перевищує 100 °С. Цей спеціалізований рухомий склад має нормативний строк служби 15 років та є дефіцитним, що обумовлює необхідність подовження йому строку служби. Під час подовження строку служби актуальним постає питання аналізу пошкоджень та міцносних якостей цих вагонів.

Пошкодження та міцносні якості аналізувались для найбільш поширених типів вантажних вагонів та їх окремих елементів - напіввагонів, вагонів бункерного типу, вагонів-думпкарів [1-3].

При цьому дослідженням щодо аналізу пошкоджень та міцносних якостей спеціалізованих вагонів-хоперів для перевезення охолодженого коксу приділено недостатньо уваги. Тому виникла необхідність проведення таких досліджень.

У ході виконання науково-експериментальних досліджень спеціалісти ДП "УкрНДІВ" у період з 2020 по 2021 рік провели технічне обстеження 147

вагонів для перевезення охолодженого коксу моделей 22-4070 та 22-1764 виробництва ПАТ «Дніпровагонмаш» та ВАТ «Азовмаш» відповідно, побудованих у 1993-2006 роках. За результатами виконаних науково-експериментальних досліджень оформлено 29 технічних рішень, згідно яких частина вагонів була виключена із інвентарного парку через перевищення призначеного строку служби більше ніж в півтора рази та наявні технічні несправності. Зовнішній вигляд вагонів для перевезення охолодженого коксу моделей 22-4070 та 22-1764 зображено на рис. 1. Деякі з характерних пошкоджень для зазначених моделей вагонів зображено на рис. 2.



а)



б)

Рис. 1. Вагони для перевезення коксу моделей 22-4070 (а) та 22-1764 (б)



а)



б)

Рис. 2. Зовнішній вигляд пошкоджень елементів вагонів для перевезення коксу:
а) – корозія обшиви кузова; б) – тріщина нижньої обв'язки.

За результатами аналізу пошкоджень та міцносних якостей вантажних вагонів для перевезення охолодженого коксу визначено наступне:

1. Несні елементи конструкції переважно мають пошкодження та несправності локального характеру, що дозволяє продовжити строк експлуатації зазначеним вагонам та усунути виявлені несправності під час назначеного виду ремонту.

2. Виключення з інвентарного парку вагонів виконувались через пошкодження або сукупність пошкоджень, які не гарантують безпечну експлуатацію вагонів та їх відновлення недоцільне. Згідно технічних рішень вагони виключались через корозійне пошкодження нижньої обв'язки вагона більше ніж 50% від конструктивних розмірів на ділянці довжиною більше 500 мм (максимальні корозійні пошкодження нижньої обв'язки склали 62 %).

3. Основні характерні пошкодження, виявлені під час технічного обстеження є такі: корозійне пошкодження нижньої обв'язки вагона; наскрізна корозія і тріщини листів обшиви стін вагона, бункерів та розвантажувальних

люків; тріщини заварних швів з'єднань нижнього листа шворневої та нижньої полки швелера хребтової балки; тріщини заварних швів хребтової балки у зоні шворневого вузла; деформації стін вагона, стійок, кінцевих балок та обшиви.

[1] Мартинов І. Е., Шовкун В. О., Труфанова О. В., Литовченко О. М., Дмитренко М. В., Балашов О. О. Дослідження технічного стану універсальних напіввагонів. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2024. Вип 209. С. 66–75.

[2] Петренко В. О., Гордієнко Т.М. Експлуатаційні відмови вагонів-хоперів для перевезення зерна. Залізничний транспорт України. 2020. № 1. С. 40–49. DOI: <https://doi.org/10.34029/2311-4061-2020-134-1-40-49>

[3] Сулим А. О., Хозя П. О., Стринжа А. М., Речкалов В. С., Федоров В. В. Шляхи та перспективи удосконалення вагонів-думпкарів, призначених для експлуатації магістральними коліями 1520 мм. Збірник наукових праць ДУІТ. Серія «Транспортні системи і технології». 2022. Вип. 39. С. 51–65. DOI: <https://doi.org/10.32703/2617-9040-2022-39-6>

УДК 629.4

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДІАГНОСТИКИ ДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ НА ЗАЛІЗНИЧНУ ІНФРАСТРУКТУРУ

DEVELOPMENT OF TECHNICAL MEANS FOR DIAGNOSTIC OF THE DYNAMIC IMPACT OF FREIGHT CARS ON RAILWAY INFRASTRUCTURE

*докт. техн. наук С. В. Мямлін
ТОВ "Укртрансінвест" (м. Київ)*

*S. V. Myamlin, D.Sc. (Tech.)
JSC "Ukrtransinvest" (Kyiv)*

Забезпечення безпеки руху поїздів, як відомо, є одним з головних завдань залізничного транспорту. Дотримання вимог Правил технічної експлуатації та інших нормативних документів забезпечується системою контролю за технічним станом рухомого складу в експлуатації, в тому числі технічними засобами діагностики. На вітчизняних залізницях в основному дійшли розвитку засоби виявлення перегріву буксових вузлів вагонів та виявлення перевантажених колісних пар і волочіння деталей, але відсутні діагностичні засоби з виявлення наднормативного динамічного впливу вантажних вагонів на залізничну інфраструктуру. Тому, розробка та впровадження технічних засобів з виявлення динамічного впливу вантажних вагонів на колію є актуальним напрямком наукових досліджень.

В данному дослідженні автором пропонуються технічні рішення з вирішення проблеми виявлення в експлуатації вантажних вагонів з наднормативним динамічним впливом на інфраструктуру залізниць, що сприятиме підвищенню безпеки руху поїздів та зменшенню витрат на утримання колії.

Організацію руху вантажних та пасажирських поїздів на залізничному

транспорті, як відомо, нерозривно пов'язано із системою безпеки руху, що має забезпечувати безаварійну експлуатацію рухомого складу та попереджувати про можливі нештатні ситуації і сприяти їх уникненню. Як правило, основними причинами порушення безпеки руху поїздів у вигляді сходження вагонів з рейок є відхилення параметрів технічного стану рухомого складу та/або колії від нормативних значень. Інколи, причиною сходження рухомого складу може бути несприятливий збіг обставин у вигляді поєднання нормативних відхилень у технічному стані колії та рухомого складу, що знаходяться в межах нормативів, але в сукупності можуть призводити створення небезпечних ситуацій. Тому, здійснення комплексної оцінки динамічного впливу рухомого складу на колію із умов безпеки руху є одним з пріоритетних напрямків розвитку систем діагностики на залізничному транспорті.

В світі існує значна кількість конструкцій стаціонарних діагностичних пристроїв, які базуються на методах визначення силової взаємодії рухомого складу та колії. Дослідження впливу рухомого складу залізниць на елементи залізничної колії проводилися інженерами та дослідниками майже з початку експлуатації залізниць в світі. Дослідженням динамічного впливу рухомого складу на залізничну колію також присвячено багато праць вчених, наприклад [1-3]. Але дослідниками недостатньо приділяється увага саме розробці діагностичних засобів з визначення динамічного впливу рухомого складу на колію.

Мобільні та стаціонарні засоби діагностики динамічного впливу рухомого складу на колію наразі на вітчизняних залізницях поки що не застосовуються, що суттєво обмежує можливості діагностичних систем. А стаціонарні технічні засоби діагностики рухомого складу, в основному, зорієнтовані на визначення перегріву буксових вузлів рухомого складу, що направлено на виявлення небезпечного стану буксових підшипників рухомого складу в експлуатації. Хоча деякі модифікації стаціонарних діагностичних пристроїв й здатні виявляти певні дефекти коліс, перевантажені колісні пари або окремі колеса рухомого складу, негабаритність та волочіння деталей. Це хоч і стосується безпосередньо відхилень у технічному стані рухомого складу, що може впливати на безпеку руху, але не в повній мірі свідчить саме про динамічний вплив на колійну інфраструктуру.

Таким чином, доведено необхідність розробки та впровадження сучасних технічних засобів діагностики рухомого складу залізниць з можливістю виявлення негативного динамічного впливу на верхню будову колії. Особливо це актуально на ділянках колії, де відсутня або обмежена експлуатація мобільних засобів діагностики, а це ділянки з шириною колії 1435 мм та 750 мм. До того ж, існуючі конструкції мобільних засобів діагностики залізничної колії для магістральних ділянок залізниць 1520 мм, що облаштовані на базі пасажирських вагонів та автомотрис, морально та фізично застарілі [4], тому що вони обладнані системами вимірювання, які використовують малоефективні методи та засоби діагностики і можуть виявляти лише окремі геометричні параметри колії, в основному контактним способом, зовсім не оцінюючи динамічний вплив рухомого складу на колію. Тому, впровадження

стаціонарних та мобільних засобів діагностики інноваційних конструкцій, що дозволяють комплексно оцінювати динамічний вплив рухомого складу на залізничну колію, є актуальним напрямком розвитку технічних засобів діагностики на залізничному транспорті України для всіх типів верхньої будови колії, особливо на ділянках із суміщеним рухом швидкісних пасажирських та вантажних поїздів.

- [1] Лазарян В. А. Динамика транспортных средств : избранные труды. — Київ : Наукова думка, 1985. — 527 с.
[2] Мямлин С. В. Моделирование динамики рельсовых экипажей [Текст] : монография. – Днепропетровск: Новая идеология, 2002. – 238 с.
[3] Мямлин С. В. Основные теории моделирования основания железнодорожного пути [Текст] / С. В. Мямлин, Н. Г. Чиликина // Залізн. трансп. України. – 2002. – № 3. – С. 27–30.
[4] Мямлін С. В. Перспективи розвитку рейкової дефектоскопії на залізничному транспорті // Залізн. трансп. України. – 2022. – № 2. – С. 4-12.

УДК 629.4.021

СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ДЛЯ ТРАНСЄВРОПЕЙСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

CREATION OF MODERN FREIGHT CARS DESIGNS FOR TRANS- EUROPEAN TRANSPORTATION

канд. техн. наук С. С. Мямлін

Український державний університет науки та технологій (м. Дніпро)

S. S. Myamlin, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

Євроінтеграційні процеси та зовнішні виклики у вигляді військової агресії з боку російських військ суттєво вплинули на перерозподіл транспортних потоків в Україні як у внутрішньому, так і у міжнародному сполученні. Основним напрямком міжнародного сполучення став напрямок до Європейського Союзу. Це обумовлено не тільки обмеженістю діяльності чорноморських портів та заблокованістю портів Азовського моря, а й зорієнтованістю експортних перевезень вантажів до країн Європи та транзит до балтійських та середньоморських портів з подальшим транспортуванням вантажів до країн Сходу та Африки.

Розвиток вантажних перевезень за напрямком Україна – Європа залізничним транспортом потребує розробки та впровадження інноваційних технологій. Тому, створення сучасних конструкцій вантажних вагонів для трансєвропейських перевезень є актуальним напрямком наукових досліджень. Відмінність технічних вимог до вантажного рухомого складу на території держав із залізницями стандарту колії 1520 мм від європейських залізниць стандарту колії 1435 мм пред'являє відповідні вимоги й до рухомого складу, який би задовольняв технічним специфікаціям інтероперабельності.

В результаті виконання науково-дослідних робіт та конструкторсько-технологічних розробок за участю автора, які виконано в Українському державному університеті залізничного транспорту та Українському державному університеті науки і технологій, створено серію інноваційних конструкцій вантажних вагонів. До переваг створених конструкцій відноситься можливість експлуатації залізницями з різною шириною колії та покращені показники динаміки і міцності вагонів. Запропоновано до впровадження оригінальні технічні рішення з конструювання вантажних вагонів. У зв'язку із збільшенням попиту на перевезення зерна та зернових вантажів, то й основним напрямком із створення інноваційних конструкцій вантажних вагонів була розробка вагонів - зерновозів.

При розробці конструкцій інноваційних вагонів - зерновозів враховано основні тенденції транспортного машинобудування в частині проектування та виготовлення конструкцій вантажних вагонів бункерного типу.

Особливостями конструкцій вагонів для перевезення зерна є також застосування високоміцних марок сталі для обшиви кузова та прокату для основних металоконструкцій кузова. Візки у даних вагонах застосовані теж інноваційних конструкцій, в залежності від комплектації вони можуть бути як зі звичайними колісними парами, так і колісними парами з розсувними колесами, що дозволяє долати перехід з однієї колії стандарту 1520 мм на колію стандарту 1435 мм і у зворотному напрямку без зупинок. Але для окремих випадків, коли передбачаються звичайні технології перевезень, то можливе й використання двох типів візків для кожної ширини колії окремо. Універсальність застосування запропонованих конструкцій вагонів-зерновозів робить дані конструкції досить конкурентоспроможними на ринку вантажних перевезень за напрямком Україна - Європа. Окремі технічні особливості запропонованих конструкцій вантажних вагонів описано в статтях та патентах за участю автора [1,2].

При виконанні теоретичних досліджень використовувався авторський програмний комплекс DYNRAIL-PRO [3,4], за допомогою якого визначалися динамічні властивості запропонованих конструкцій вагонів - зерновозів. Отримано результати, які свідчать про відповідність даних конструкцій вантажних вагонів чинним вимогам.

В результаті виконання досліджень з розробки інноваційної конструкції вагону - зерновозу, який можливо використовувати на залізницях стандарту колії 1520 мм та стандарту колії 1435 мм, отримано технічні рішення та параметри конструкції вагону, що задовольняють сучасним нормативним вимогам. Розроблену конструкцію вагону - зерновозу запропоновано для використання як базову модель для трансєвропейських перевезень зернових вантажів.

[1] Критий вагон-хопер для перевезень зерна. Пат. Україна, UA № 155121, МПК В 61 D 3/00. № заявки u 202303727 заявл. 02.08.2023; опубл. 17.01.2024, Бюл. № 3. Панченко С.В. (UA), Ватуля Г.Л. (UA), Ловська А.В. (UA), Мямлін С.С. (UA), Павлюченков М.В. (UA).

[2] Мямлін С.С. Вдосконалення конструкції рухомого складу залізниць для забезпечення інтермодальних перевезень зернових / Залізничний транспорт України. 2023. № 1. С. 42–50.

[3] Мямлін С.С. DYNRAIL та DYNRAIL-PRO як альтернативний інструмент у моделюванні динаміки рейкових екіпажів // Інтелектуальні транспортні технології: тези доповідей 3-ї міжнар. наук.-техн. конф. (22-23 листопада 2022 р.). Харків : УкрДУЗТ, 2022. С. 51-52.

[4] Мямлін С.С. Комп'ютерна програма «Програма моделювання просторових коливань залізничних екіпажів» Свід. про авт. право на твір №116761 Україна, заявл. 31.05.2023 опубл. 31.05.2023, Бюл. №75.

УДК 629.471

**ВПРОВАДЖЕННЯ ПІДПРИЄМСТВ З ГНУЧКИМИ ПОТОКАМИ
РЕМОНТУ ВАГОНІВ – ОДНА З НАЙВАЖЛИВІШИХ УМОВ
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ВАГОННОГО
ГОСПОДАРСТВА**

**IMPLEMENTATION OF ENTERPRISES WITH FLEXIBLE WAGON
REPAIR FLOWS AS ONE OF THE MOST IMPORTANT CONDITIONS FOR
INCREASING THE EFFICIENCY OF WAGON MAINTENANCE**

докт. техн. наук В. В. Мямлін

Український державний університет науки та технологій (м. Дніпро)

V. V. Myamlin, D.Sc. (Tech.)

Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

Для підвищення ефективності праці та досягнення високих техніко-економічних показників вагоноремонтного виробництва на сучасних підприємствах обов'язково має застосовуватися наукова організація праці, яка б враховувала всі негативні фактори, притаманні даному виробництву.

До цього часу практично єдиним методом ремонту вагонів на існуючих вагоноремонтних підприємствах продовжує залишатися стаціонарний метод. Цей метод є вкрай неефективним, тому що не дозволяє кожне робоче місце оснастити всім необхідним механізованим технологічним обладнанням, що негативно впливає на зростання продуктивності праці. Найбільш продуктивним є потоковий спосіб. При цьому методі весь технологічний процес розбивається на ряд спеціалізованих робочих місць, розташованих у суворій послідовності з виконанням ремонтних робіт. Саме спеціалізація робочих місць, кожне з яких може бути оснащене високопродуктивним технологічним обладнанням та необхідним оснащенням, є величезною перевагою потоку. Але існує ще одна дуже важлива умова, що вимагає того, щоб роботи на всіх позиціях закінчувалися одночасно, що є запорукою ритмічної роботи виробництва. За визначенням через заданий інтервал часу, що називається тактом, всі вагони на потоковій лінії повинні одночасно переміщатися на наступну позицію. Якщо на якійсь позиції ремонтні роботи до цього часу не будуть закінчені, це позначиться на роботі всієї потокової лінії - переміщення не відбудеться. Якби такі збої потоку траплялися рідко і тривалість затримок була б незначною, то з цим можна було б миритися. Але, як показала практика, такі збої трапляються

постійно, і затримка сягає дуже тривалого часу. У таких випадках обладнання та виконавці простоюють, що негативно позначається на пропускній спроможності потокової лінії. Якби закінчення ремонтних робіт на всіх позиціях потокової лінії відбувалися одночасно, то такі лінії могли б успішно використовуватися і досі. Але річ у тому, що трудомісткості ремонту вагонів з різних причин імовірнісного характеру дуже відрізняються один від одного, причому в рази.

Саме цей фактор і досі є «камнем спотикання» для ремонтного виробництва. Усі спроби перейти на прогресивний потоковий метод організації технологічного процесу ремонту вагонів в умовах існуючих депо не дозволяли дати такого ефекту, отриманого свого часу в галузях машинобудування та приладобудування. Звичайний лінійний жорсткий потік підходить для виробництва серійних виробів, трудомісткості виготовлення яких постійні. У ремонтному виробництві ситуація докорінно відрізняється від ситуації під час виготовлення нових виробів.

Сьогодні кращого методу організації виробництва, ніж потоковий метод, немає. Разом з тим, можливості потокового методу організації виробництва далеко ще не вичерпані. Усередині нього закладено величезні потенційні можливості, які можна реалізовані у різних інших структурних формах організації технологічного процесу. Архіважливим принципом при організації технологічного процесу ремонту вагонів має стати можливість їхнього незалежного переміщення між окремими ремонтними позиціями за дотримання умов потоку.

В результаті метаморфози потокової лінії вона може бути представлена у вигляді потокової мережі [1]. Як структурний базовий елемент вагоноремонтної потокової сіті найзручніше використовувати ремонтний модуль. Під ремонтним модулем будемо розуміти спеціальне місце для розміщення одного вагона, яке оснащено необхідним технологічним обладнанням та фіксованою кількістю виконавців.

На сьогоднішній день в Україні всі вагоноремонтні підприємства є неефективними, бо морально та фізично застаріли [2]. Тому має бути побудовано низку нових підприємств із абсолютно новими принципами організації ремонтного виробництва, заснованими на гнучких поточкових системах. Це дозволить роботу вагонного господарства перевести на новий ефективніший рівень. Проте проектування нових вагоноремонтних комплексів із гнучкими технологічними потоками є складним завданням і потребує спеціальних методів, що ґрунтуються на імітаційному моделюванні із залученням систем автоматизованого проектування (САПР). Розробкою таких методів зараз займаються фахівці кафедри «Вагони та вагонне господарство» УДУНТ.

[1] Мямлин В. В. Теоретические основы создания гибких поточных производств для ремонта подвижного состава: монография. Днепропетровск : ЧФ «Стандарт-Сервис», 2014. 380 с.

[2] Мямлин В. В. Анализ основных параметров асинхронного гибкого потока ремонта вагонов и методы их расчёта // Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. Дніпропетровськ, 2009. Вип. 26. С. 28–33.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ МОДЕЛІ 13-4155**

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE TECHNICAL CHARACTERISTICS
OF A FLATCAR MODEL 13–4155**

*канд. техн. наук О. Г. Рейдемейстер¹,
канд. техн. наук О. А. Шикунів¹, Д. О. Ягода²*

¹*Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

²*Товариство з обмеженою відповідальністю «Науково-виробниче підприємство «УКРТРАНСАКАД»*

O. G. Raidmeister¹ PhD (Tech.),

O. A. Shikunov¹, PhD (Tech.), D. O. Yagoda²

¹*Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

²*Limited Liability Company Research and Production Enterprise
"UKRTRANSAKAD"*

Для підвищення конкурентоспроможності вітчизняного вагонного парку товариством з обмеженою відповідальністю «ТАС ДНІПРОВАГОНМАШ» розроблено вагон-платформу для великотоннажних контейнерів моделей 13–4155.

Вагон-платформа моделі 13-4155 призначений для перевезення великотоннажних контейнерів типорозмірів 1EE, 1A, 1B, 1C, 1D та ін., в тому числі контейнерів-цистерн довжиною 20 футів та масою брутто до 36 т, з безпечними вантажами. Маса тари при побудові – від 20,0 до 20,5 т. Вантажопідйомність – 73,5 т. База вагона – 9720 мм, довжина за осями зчеплення – 14620 мм. Вагон обладнаний автозчепами СА-3 та поглинальними апаратами АПМК-110 класу Т1. Візки моделі 18-1750 тип 2. Конструкційна швидкість – 120 км/год. Призначений термін служби – 32 роки. Несучі елементи конструкції кузова дослідного зразка виготовлені зі сталі S355J2+N.

Випробувальною лабораторією ТОВ «НАУКОВО-ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО «УКРТРАНСАКАД» в 2024 році, на замовлення ТОВ «ТАС ДНІПРОВАГОНМАШ» виконано комплекс випробувань дослідного зразка вагона-платформи моделі 13-4155.

Були перевірені наступні показники: комплектність вагона; основні технічні параметри; міцність та опір втомі кузова; ходові якості порожнього та завантаженого вагона при русі по прямим та кривим ділянкам колії; показники роботи гальмової системи.

За результатами випробувань зроблено наступні висновки.

За своїми технічними характеристиками (маса, габарит, розміри) вагон-платформа для великотоннажних контейнерів моделі 13-4155 відповідає вимогам технічного завдання 4155.00.000 ТЗ «Вагони-платформи для

великотоннажних контейнерів моделей 13-4155, 13-4155-01» та конструкторської документації.

Міцність, опір втомі та ходові якості вагона 13–4155 відповідають вимогам стандартів [1, 2]. Зокрема:

– найбільші напруження I розрахункового режиму (включно з ударом) – 286 МПа (83 % від максимально допустимих значень);

– при III розрахунковому режимі найбільші напруження – 163 МПа (74 % від максимально допустимих значень);

– найменше значення коефіцієнта запасу опору втомі 1,60 (за мінімально допустимого значення 1,50).

Показники роботи гальмової системи відповідають [2], СТП 03.01–001:2023 «Вагони вантажні. Ремонт гальмівного обладнання. Правила виконання» та ЦШ/0001 «Інструкція з сигналізації на залізницях України».

Вагон-платформ для великотоннажних контейнерів моделей 13-4155 може експлуатуватися на всій мережі залізниць колії 1520 мм зі встановленими для вантажних вагонів швидкостями [3], але не більше 120 км/год.

[1] ДСТУ ГОСТ 33211:2017 Вагони вантажні. Вимоги до міцності та динамічних якостей (ГОСТ 33211-2014, ІДТ).

[2] ДСТУ 7598:2014 Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних).

[3] Iwnicki, S. Handbook of Railway Vehicle Dynamics / S. Iwnicki, M. Spiryagin, C. Cole, T. McSweeney. – 2nd ed. – Boca Raton: CRC Press, 2022. – 512 p.

УДК: 629.4.028

ПРОБЛЕМИ СУМІСНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ УДАРНО-ТЯГОВИХ ПРИБОРІВ РУХОМОГО СКЛАДУ КОЛІЙ 1435 ММ ТА 1520 ММ

PROBLEMS OF COMBINED OPERATION OF IMPACT AND TRACTION DEVICES OF ROLLING STOCK WITH 1435MM AND 1520MM GAUGE TRACKS

*канд. техн. наук А. Л. Пуларія¹,
канд. техн. наук Ю В. Терещак²*

¹*Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)*

²*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)*

*A. L. Pulariia¹, Ph.D (Tech.),
Yu. V. Tereshchak², Ph.D (Tech.)*

¹*Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)*

²*Lviv Polytechnic National University (Lviv)*

При організації міжнародних перевезень важливою проблемою є сумісна експлуатація рухомого складу залізниць колії 1520 мм та колії 1435 мм в єдиному потягу.

Як відомо, ударно-тягові прилади забезпечують зчеплення вагонів та локомотивів, передачу розтягуючих (тягових) та стискаючих (ударних) зусиль. Разом з тим вони повинні захищати рухомий склад від виникнення та зменшення понаднормативного повздовжнього навантаження за рахунок роботи енергопоглинаючих пристроїв.

Разом з тим серйозною проблемою є те, що практично всі вантажні вагони колії 1520 мм мають конструктивні відмінності від вагонів колії 1435 мм в конструкції ударно - тягових пристроїв. Це викликає необхідність проведення аналізу конструкцій вагонів та відповідних вузлів, що будуть експлуатуватися у сумісному курсуванні.

Так на вантажні вагони колії 1520 мм не встановлюють буферні пристрої на відміну від практично всіх вагонів колії 1435 мм які їх мають. Це призводить до різних схем передавання повздовжніх навантажень на раму. Аналізуючи конструкцію вантажних вагонів колії 1520 мм можна зробити висновок, що все повздовжнє навантаження передається по середині вагонів через автозчепні пристрої на хребтові балки. Ці вагони розраховуються на значні повздовжні стискаючі та розтягуючі навантаження, що мають ударний характер. В той самий час на вантажних вагонах колії 1435 мм більшість повздовжнього стискаючого навантаження передається через буферні пристрої на кінці лобових балок. Через зчипний пристрій, який на вантажних вагонах колії 1435 мм представлений переважно гвинтовою стяжкою, передаються значно менші повздовжні навантаження, що носять здебільшого розтягуючий характер. Тому для сумісної експлуатації з вагонами колії 1435 мм на вагони колії 1520 мм необхідне обов'язкове встановлення буферних пристроїв.

Вантажні вагони колії 1520 мм мають енергопоглинаючі пристрої (поглинаючі апарати) великої енергоємності розташовані безпосередньо за автозчепами, що працюють як з ударним, так і з тяговим навантаженням.

На вантажних вагонах колії 1435 мм з гвинтовою стяжкою елементи, що забезпечують основне енергопоглинання повздовжніх навантажень знаходяться в буферних пристроях. За гвинтовою стяжкою розташовані невеликі за розмірами та енергоємністю енергопоглинаючі пристрої.

Також дуже важливим є правильний вибір зчипних пристроїв та адаптерів для забезпечення надійного з'єднання та роботи під час руху та виконання маневрової роботи.

Слід враховувати також, що навіть при надійному з'єднанні ми можемо отримати в експлуатації понаднормативні зноси елементів ударно-тягових приладів у наслідок того, що вони відрізняються за типом, розмірами та допусками на зазори, які дозволяються нормативними документами.

Такі конструктивні відмінності потребують проведення цілої низки розрахунків та випробувань для забезпечення безпечної сумісної експлуатації рухомого складу на коліях 1520 мм та 1435 мм в єдиному потязгу.

[1] Дьомін, Ю. В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення) [Текст] / О. В. Дьомін. – Київ : «Юнікон-Пресс», 2001. – 342 с.

[2] Савчук О. М. Вагонний парк : навч. посібник / О. М. Савчук. – Харків : Корпорація «Техностандарт», 2010. – 200 с.

[3] Експлуатаційні властивості транспортних засобів: Конспект лекцій / Р.І. Візник, А.О. Ловська, В.А. Гребенюк, В.Г. Равлюк. – Харків: УкрДУЗТ, 2015. – 50 с.

[4] Дьомін Ю. В. Аналіз сучасних технічних вирішень конструкцій спеціалізованих вагонів для інтероперабельних та інтермодальних перевезень / Ю. В. Дьомін, А. А. Стецько // Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер. : Транспортні системи і технології. - 2011. - Вип. 19. - С. 43-49. - Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpdetut_tsit_2011_19_8

УДК: 629.45/46

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОГО ДІАГНОСТУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

FEATURES OF THE PROCESSES OF TECHNICAL DIAGNOSTICS OF ROLLING STOCK OF THE RAILWAYS OF UKRAINE IN MODERN CONDITIONS

аспірант Д. А. Пуларія

Український державний університет науки і технологій (м. Дніпро)

D. A. Pulariia, postgraduate student

Ukrainian State University of Science and Technologies (Dnipro)

В наш складний час коли Україна відстоює своє право на існування, суттєвого зменшення, а іноді припинення роботи інших видів транспорту, для залізниць та її рухомому складу відводиться дуже важлива роль у забезпеченні життєво необхідних обсягів перевезень пасажирів і вантажів. Тому забезпечення стабільної, безаварійної роботи рухомого складу залізниць є пріоритетним завданням

Всі види рухомого складу залізниць мають закладений при розробці та виготовленні запас надійності (ресурс), що враховує найбільш складні умови експлуатації. Даний запас поступово вичерпується в процесі взаємодії рухомого складу з навколишнім середовищем, елементами інфраструктури та іншим об'єктами рухомого складу залізниць. З огляду на це дуже важливим є своєчасне проведення комплексу діагностичних операцій, що дозволяє впевнено проводити експлуатацію рухомого складу залізниць не тільки в межах гарантійного терміну служби наданого підприємством – виробником, а і за його межами.

Практика оцінки залишкового ресурсу та визначення можливості експлуатації транспортних засобів після продовження призначеного виробником строку служби є характерною для всіх видів транспорту у всьому світі.

Головним критерієм можливості продовження строку експлуатації рухомого складу залізниць є наявність у нього залишкового ресурсу (або можливості його відновлення шляхом проведення ремонтів та можливих модернізацій), що оцінюється проведенням спеціалізованою організацією комплексу операцій з технічної діагностики та продовження строку служби.

Заходи, щодо технічного діагностування рухомого складу залізниць включають наступні етапи:

Аналіз нормативної документації (конструкторської, технічної та технологічної).

Вивчення інтенсивності експлуатації з метою прогнозування його навантаженості надалі (це стосується і його вузлів).

Безпосередньо обстеження технічного стану з застосуванням методів та засобів неруйнівного контролю.

Проведення додаткових випробувань (за необхідності) перевірка працездатності складових, герметичність та ін.

Аналіз отриманих матеріалів з урахуванням результатів раніше проведених розрахунків та випробувань.

Прийняття рішення та надання висновку, щодо можливості подальшої експлуатації та призначення необхідного обсягу ремонтних робіт або неможливості експлуатації.

Разом з тим існує ціла низка проблемних питань які впливають на розвиток технічного діагностування рухомого складу залізниць в нашій країні.

Вагонне господарство проходить процес реформування.

Планується введення в дію технічних регламентів.

У зв'язку з тим, що Україна вийшла з Угоди про координаційні органи залізничного транспорту Співдружності незалежних держав необхідно проведення перегляду, розробки та затвердження великої кількості нормативних документів пов'язаних з технічним діагностуванням та продовженням терміну служби. Вирішується питання про порядок надання дозвільних документів спеціалізованим організаціям, що виконують дані роботи.

Зважаючи на Євроінтеграційний шлях нашої країни і у зв'язку з можливістю експлуатації в Україні рухомого складу колії 1435 мм, вже зараз треба передбачити врахування вимог до нього та вирішення проблемних питань при проведенні технічного діагностування, ремонту, експлуатації та ін.

[1] Борзилов, І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики (частина 1) [Текст]: навч. Посібник / І.Д. Борзилов. – Харків: ТОВ “Енергозберігаючі технології”, 2003. – 91 с.

[2] Сапронова, С.Ю., Кошель, О.О., Ткаченко, В.П., Буліч, Д.І., Радкевич, М.М. Аналіз методів продовження терміну служби вантажних вагонів. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій серія «Транспортні системи і технології». Київ: Вид-во ДУІТ, 2019. №1(33). 118-129.

ОГЛЯД НАПРЯМКІВ ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН
OVERVIEW OF WAYS TO IMPROVE THE STABILITY OF TANK
WAGONS

*канд. техн. наук Ю. В. Щербина,
аспірант В. В. Мамонтов
Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)*

*Y. V. Shcherbina, PhD(Tech.),
V. V. Mamontov, postgraduate student
State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

Підвищення стійкості вантажного рухомого складу на залізничному транспорті — це не лише технічна потреба, але й питання безпеки, економічності та екологічної відповідальності.

По-перше, стійкість безпосередньо впливає на безпеку вантажу. На високих швидкостях будь-яке відхилення чи нестабільність руху можуть призвести до сходження з рейок або аварії, що матиме серйозні наслідки.

По-друге, стабільний рух вантажного залізничного рухомого складу знижує витрати на обслуговування. Менше навантаження на рейки, знижений рівень вібрацій та знос елементів ходової частини — це зменшує необхідність у частих ремонтах. Окрім того, рухомий склад із високою стійкістю витрачає менше енергії, що сприяє зниженню операційних витрат.

Третя причина полягає у захисті навколишнього середовища. Плавність ходу зменшує шум і вібрації, що важливо для збереження природних середовищ і зниження впливу транспорту на урбанізовані території. Тому підвищення стійкості вагонів — це частина глобальних екологічних зусиль.

Таким чином, забезпечення стійкості вантажного рухомого складу — це інвестиція в безпеку, економію та збереження природи, що вимагає уваги та ресурсів задля стійкого розвитку залізничного транспорту.

У вантажних перевезеннях стійкість рухомого складу має особливе значення, адже забезпечення безпечного транспортування великих мас вантажів вимагає чіткого контролю за динамікою та стабільністю руху вагонів. На крутих ділянках і поворотах зниження стійкості може призвести до критичних ситуацій, таких як перекидання вагонів або зсув вантажів. Висока стійкість сприяє плавності руху, що дозволяє уникнути раптових ударів та коливань, зберігаючи вантажі від пошкоджень і забезпечуючи стабільний ланцюг поставок.

У перевезенні небезпечних вантажів, таких як хімічні речовини, вибухонебезпечні матеріали або легкозаймисті продукти, стійкість вантажного рухомого складу має вирішальне значення. Для таких вантажів застосовуються спеціальні технічні вимоги, що включають додаткову стабілізацію вагонів,

систему контролю за температурним режимом і амортизацією, щоб мінімізувати ризик непередбачуваних подій і зберегти вантаж у цілісності.

У галузі залізничних перевезень, особливо коли мова йде про транспортування небезпечних вантажів, вагони-цистерни мають особливе значення. Вони відіграють ключову роль у забезпеченні безпеки транспортування таких матеріалів, як хімічні сполуки, нафтопродукти, зріджений газ тощо. Однією з головних проблем цих вагонів є їх вразливість до механічних пошкоджень, які можуть виникнути під час аварій, наприклад, при сході з колії або при ударах під час руху через перешкоди.

Вагон-цистерни мають певну специфіку, пов'язану з умовами експлуатації:

1 Нестабільність при перевезенні рідин: рідина всередині цистерни може створювати ефект хвиль, що збільшує ризик перевертання вагона на поворотах або при різкому гальмуванні.

2 Захист від витоків: особливо для небезпечних вантажів, таких як нафта, хімічні речовини, важливо забезпечити герметичність цистерни, щоб запобігти витоку та забрудненню навколишнього середовища.

3 Змінні навантаження: зміна об'єму рідини через коливання температури чи нерівномірний розподіл навантаження може впливати на стійкість і маневреність.

Прикладом необхідності вирішення таких специфічних проблем, з якими стикаються вагони-цистерни при перевезенні небезпечних вантажів, можна навести випадок у канадському місті Лак-Мегантик в 2013 році, коли аварія з вагонами DOT-111, що перевозили нафту, викликала масштабний вибух, внаслідок якого загинуло 47 людей [1, 2].

З метою зменшення описаних ризиків розробляються вдосконалені моделі вагонів. Наприклад, модель DOT-117, яка має покращену стійкість до пошкоджень, замінила в експлуатації модель DOT-111. Ці вагони оснащені елементами посилення днищ та посиленою конструкцією оболонки, що робить їх більш стійкими до пробоїв [3]. Крім того, впроваджуються телематичні системи для моніторингу та відстеження стану цистерн у реальному часі, що допомагає виявляти потенційні проблеми завчасно [4].

Ще однією важливою розробкою є використання нових матеріалів, які не поступаються за міцністю, але є легшими, що дозволяє підвищити ефективність транспорту [4].

Шляхи вирішення описаних проблем можна об'єднати у кілька підходів, спрямованих на покращення безпеки. Один із них полягає в удосконаленні конструкції цистерн, що включає зміцнення матеріалів, з яких виготовляються танк-контейнери. Такі вдосконалення знижують ймовірність виникнення пробоїв під час сходу з рейок. Наприклад, використання спеціальних сталей із зниженим вмістом сірки та контроль за формою включень у металі дозволяють зменшити ймовірність виникнення тріщин через знижену крихкість та покращену міцність на злам [5].

Також важливим аспектом є удосконалення конструктивних елементів цистерн, таких як захисні шари та додаткові бар'єри, що сприяють зниженню ризику витоку вантажу у разі механічного пошкодження. Приміром, існують

розробки, що включають спеціальні тканини або композитні матеріали для підвищення стійкості до проколів [6].

У доповнення до зміцнення матеріалів, впроваджуються новітні технології для моделювання і тестування протиударних характеристик. Використання методу скінченних елементів для моделювання механічних ударів дозволяє більш точно оцінити й підвищити надійність конструкцій цистерн у реальних умовах, включаючи високошвидкісні зіткнення або удари об тверді об'єкти [6].

Ці заходи є частиною стратегії покращення безпеки транспортування небезпечних вантажів, що активно розробляється в рамках таких ініціатив, як Next Generation Tank Car Project (NGRTC), спрямованих на удосконалення конструкцій залізничних цистерн для забезпечення більшої надійності та стійкості у разі аварійних ситуацій [7].

Рішення, що з'являються завдяки співпраці науковців, інженерів і органів регулювання, є важливим кроком до зменшення ризиків при транспортуванні небезпечних вантажів залізничним транспортом. Проте всі ці рішення переважно спрямовані на зміцнення вагонів, запобігання деформації, пробої та витоку небезпечних речовин. Проте найголовнішим шляхом вирішення проблем має залишатися запобігання аварії.

Вантажні вагони, зокрема цистерни, піддаються додатковим динамічним силам при проходженні кривих, що є зоною підвищеного ризику перекидання та витоку небезпечних вантажів.

Використання електронно керованих пневматичних гальм показало свою ефективність у зниженні ризиків, пов'язаних із гальмуванням під час проходження кривих при високих швидкостях [8].

Іншим напрямком є зниження швидкості у кривих ділянках колії малого радіусу. Зниження швидкості руху на таких ділянках значно зменшує ймовірність зйдення з рейок і знижує серйозність пошкоджень при можливих аваріях. Додатково, розроблені технології моніторингу стану колії, які виявляють дефекти та нерівності на рейках, що можуть спричинити аварії. Своєчасна діагностика та усунення проблем з колією значно знижують ризики, пов'язані з її старінням або незадовільним технічним станом.

Ці технологічні досягнення разом з використанням статистичних моделей і оцінки ризиків, які розробляються в рамках досліджень, таких як проект RailTEC [9], допомагають виявляти небезпечні ділянки та впроваджувати заходи безпеки.

Однією з важливих розробок є впровадження систем з незалежним обертанням коліс. Вони дозволяють значно зменшити поздовжнє ковзання коліс по рейках, що допомагає знижувати опір руху, особливо на кривих ділянках [10].

В Україні є напрацювання з використання перспективної конструктивної схеми (ПКС), яка дозволяє колесам візка обертатись незалежно одне від одного. Ця технологія вирішує кілька проблем традиційних колісних конструкцій, зокрема ризик підняття ободів коліс на рейки при проходженні різких поворотів. За допомогою ПКС зменшується поздовжнє ковзання між рейкою та поверхнею кочення колеса, що також знижує енергетичні витрати [10].

Вирішення проблеми підвищення стійкості вантажного рухомого складу можливе через комплексний підхід. Ключовими напрямками є вдосконалення конструкцій вагонів, зокрема використання новітніх матеріалів і посилених оболонок, впровадження електронно керованих пневматичних гальм і систем моніторингу стану вагонів та колії, а також впровадження систем незалежного обертання коліс.

Ефективне вирішення проблеми підвищення стійкості вантажного рухомого складу можливе завдяки впровадженню перспективної конструктивної схеми. Ця технологія забезпечує незалежне обертання коліс, дозволяє значно знизити поздовжнє ковзання, покращує стабільність руху на криволінійних ділянках і зменшує енергетичні витрати.

Ці технології в сукупності сприяють підвищенню безпеки транспортування, зниженню експлуатаційних витрат і мінімізації екологічного впливу, забезпечуючи стійкий розвиток залізничного транспорту.

- [1] Lac-Mégantic runaway train and derailment investigation summary. Transportation Safety Board of Canada. 2021. April 1. URL: <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054-r-es.html> (дата звернення: 15.11.2024).
- [2] Improve Rail Tank Car Safety. National Transportation Safety Board. Т. 2015, MOST WANTED TRANSPORTATION SAFETY IMPROVEMENTS. URL: https://www.nts.gov/Advocacy/mwl/Pages/mwl5_2015.aspx (дата звернення: 15.11.2024).
- [3] Sneider J. Fleet update: Tank cars and components. Progressive Railroading. 2024. Жовт. 2024. 73016. URL: <https://www.progressiverailroading.com/mechanical/article/Fleet-update-Tank-cars-and-components--73016> (дата звернення: 15.11.2024).
- [4] How Science and Engineering Are Reducing the Risk of Rail Transport of Hazardous Materials / C. P. L. BARKAN та ін. Railroads and Research. 2013. Cooperative Research in Tank Car Safety Design. URL: <https://railtec.web.illinois.edu/wp/wp-content/uploads/2018/08/Barkan-et-al-2013-TR-News-286-Cooperative-Tank-Car-Safety-Research.pdf> (дата звернення: 15.11.2024).
- [5] Anderson T. L. Quantifying and Enhancing Puncture Resistance in Railroad Tank Cars Carrying Hazardous Materials : Phase I: Preliminary Study. Virginia, 2006. 75 с. URL: https://railroads.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/3042/CI%20Phase%20I%20Final%20Report.pdf (дата звернення: 15.11.2024).
- [6] Kirkpatrick S. W., Gonzalez F., Alexy K. Tank Car Puncture Analyses for Various Impactors and Impact Conditions. 2013 Joint Rail Conference, м. Knoxville, 15–18 квіт. 2013 р. 2013. URL: <https://doi.org/10.1115/JRC2013-2560> (дата звернення: 15.11.2024).
- [7] Next Generation Tank Car Project (NGRTC). U.S. Department of Transportation Federal Railroad Administration. URL: <https://railroads.dot.gov/program-areas/hazmat-transportation/next-generation-tank-car-project-ngrtc> (дата звернення: 15.11.2024).
- [8] Prabhakaran A. Objective Evaluation of Risk Reduction from Tank Car Design and Operations Improvements : Публічний Звіт. Washington, 2018. 36 с. URL: https://railroads.dot.gov/sites/fra.dot.gov/files/fra_net/18214/Objective%20Evaluation%20of%20Risk%20Reduction%20from%20Tank.pdf (дата звернення: 15.11.2024).
- [9] Rail Safety and Risk. University of Illinois Rail Transportation and Engineering Center. 2024. URL: <https://railtec.illinois.edu/research/rail-safety-and-risk/> (дата звернення: 15.11.2024).
- [10] Mikhailov E., Semenov S. A Study of Improving Running Safety of a Railway Wagon with an Independently Rotating Wheel's Flange. Symmetry. 2021. № 13(10). URL: <https://doi.org/10.3390/sym13101955> (дата звернення: 15.11.2024).

**ПРОВЕДЕННЯ РЕТРОФІТА ХОЛОДИЛЬНОГО АГЕНТА R12 НА R134a,
СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ МАБ-II,
ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ**

**RETROFIT OF R12 REFRIGERANT TO R134a, AIR CONDITIONING
SYSTEM IN MAB-II PASSENGER CARS**

*канд. техн.наук В. М. Іщенко,
канд. техн.наук Н. С. Брайковська,
Ю. С. Горлушко*

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

*V. V. Ischchenko, PhD (Tech.),
N. S. Braykovska, PhD (Tech.),
Y. S. Gorlushko*

State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Відповідно до рішень Монреальського протоколу [3] та інших міжнародних домовленостей [4], щодо речовин, які руйнують озоновий шар, холодильний агент хладон-12 (R 12), який застосовувався в холодильному обладнанні установок кондиціонування повітря пасажирських вагонів, впродовж багатьох років, визнаний озоноруйнуючою речовиною і його виробництво і використання в нинішній час заборонено.

Постає актуальним питання, щодо забезпечення працездатності з одночасним підвищенням ефективності функціонування холодильного обладнання установок кондиціонування повітря пасажирських вагонів при їх експлуатації на альтернативному R12 холодильному агенті в умовах діючої системи ремонту та обслуговування рухомого складу.

В якості альтернативних, можливе застосування, як сумішевих, так і чистих (простих) холодильних агентів. Перевага віддається насамперед чистим холодильним агентам, тому доволі важливим питанням є визначення можливості застосування чистих альтернативних холодильних агентів в діючому холодильному обладнанні установок кондиціонування повітря пасажирських вагонів [2]. А саме заміна в установках кондиціонування повітря МАБ-II пасажирського вагона, де використовується парова компресійна холодильна машина одноступеневого стиснення, що розрахована на холодильний агент R12, на холодильний агент R134a [5].

Порівняльний аналіз показників теплового розрахунку холодильної машини установки кондиціонування повітря типу МАБ-II пасажирського вагона, при використанні альтернативного холодильного агента R134a за умови температури зовнішнього повітря $t_{зов.} = 36^{\circ}C$, відносної вологості повітря $\varphi_{зов.} = 70\%$, температури повітря всередині вагона $t_{вагон} = 24^{\circ}C$, відносної

вологості повітря $\varphi_{вагон} = 50\%$ показує, що для застосування холодильного агента R134a, в якості альтернативного, замість R12, немає суттєвого впливу на робочий процес холодильної машини, так як середня розбіжність показників теплового розрахунку: об'єм, що описують поршні за годину $V_h, м^3 / год$; ефективна потужність $N_e, Вт$ тепловий потік в конденсаторі $Q_k, Вт$ та значення COP_e не перевищує 3,6%.

Процес заміни холодильного агента відбувається слідуючим чином. Визначають та записують параметри холодильної системи при роботі на холодильному агенті R12, данні про тиск, температуру (випарника, конденсатора, ТРВ, на всмоктуванні та нагнітанні компресора та ін.) при різних температурах навколишнього середовища та приміщеннях пасажирського вагона.

Вагон встановлюють на спеціалізовану колію. Перевіряють технічний стан обладнання установки кондиціонування повітря, комплектність вузлів та деталей, справність ланцюгів живлення системи кондиціонування повітря (при виявленні несправності проводять роботи по їх усуненню). Проводять візуальний огляд системи циркуляції холодильного агента холодильної машини на відсутність слідів витіку холодильного агента, а при необхідності перевірку за допомогою електронного витікошукача.

Видаляють холодоагент R12 з системи холодильної машини та відправляють його на утилізацію.

Проводять демонтаж:

- компресорного блока;
- трьох фільтрів-осушувачів;
- всмоктуючого вентиля компресора;
- нагнітального вентиля компресора;
- терморегулюючих вентилів.

Замість двох демонтованих терморегулюючих вентилів встановлюють перехідні вставки для з'єднання системи циркуляції холодильного агента з випарником.

Заміняють мембрану запобіжного клапана ресивера на типову нову.

Виконують ремонт компресора в відділенні з ремонту компресорів та заправляють синтетичною оливою.

Для промивки системи циркуляції холодильного агента холодильної машини використовують промивочну станцію та промивочну рідину.

Промивку системи циркуляції холодильного агента виконують в два етапи.

1-й етап, це промивка блока випарника.

2-й етап – промивка конденсаторно-ресиверного блока.

Після промивки систему циркуляції холодильного агента продувають азотом під тиском до 0,6 МПа.

Відремонтований компресор, який заправлений синтетичною оливою в складі компресорного агрегату встановлюють на вагон. За місцем розташування

двох крайніх фільтрів осушувачів встановлюють два нових фільтрів осушувачів ALCO ADK 305. Середнім залишається фільтр осушувач ФОР-3.

Заправлення холодильної системи холодильним агентом R134a виконують через трійник з клапаном Шредера перед манометром усмоктування холодильної машини. На стороні усмоктування компресора встановлюють реле низького тиску фірми, і налагоджують на тиск спрацювання 0,01 МПа.

Випробування системи циркуляції холодильної машини на герметичність виконується азотом з балона. Тиск випробування 2,0 МПа (20 кгс/см²).

По закінченню випробування на герметичність необхідно видалити азот з системи циркуляції холодильного агента і вакуумувати систему.

Для вакуумування системи холодильної машини використовується вакуумний насос. Процес вакуумування проводити до тих пір, поки не буде залишатися вакуум 1,5..2,0 мм.рт.ст.

Заправка системи холодильної машини проводиться в рідкій фазі з балону, з'єднанням заправочного трубопроводу з балоном та змонтованим трійником з клапаном Шредера перед манометром тиску усмоктування.

Ретрофіт системи холодильної машини установки кондиціонування повітря МАБ-П з холодильного агента R12 на R134a, розміщений у пасажирських вагонах, дають можливість проведення заміни холодильного агента на альтернативний в діючому холодильному обладнанні в умовах вагоноремонтного підприємства.

[1] Закон України «Про залізничний транспорт України» (нова редакція). <https://ips.ligazakon.net/document/NT0666>.

[2] Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

[3] The Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer (Final Act, New Y United Nations) [Електрон. ресурс] United Nations Environmental Programme. 1987. Режим доступу <https://ozone.unep.org/treaties/montreal-protocol>.

[4] Kyoto Protocol to the United Nations Framework convention on climate change. United Nations, 1998. 20 p.

[5] Взаємозамінність альтернативних холодоагентів в системах кондиціонування пасажирських вагонів. В.М. Іщенко, Ю.В. Щербина, В.Є. Осьмак, Ю.В. Горлушко. Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2021. № 2(266) С. 96-100. <https://doi.org/10.33216/1998-7927-2021-266-2-96-100>

[6] Іщенко В.М. Термодинамічні особливості діагностування холодильного обладнання використанні альтернативних холодоагентів. В.М. Іщенко, О.Г. Дуганов, В.Т. Вислогузов. Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2010. N 24. С. 155-160.

**ОЦІНКА ВПЛИВУ ДІЇ КОРОЗІЇ НА ВНУТРІШНЮ ПОВЕРХНЮ КОТЛІВ
ВАГОНІВ-ЦИСТЕРН ТА ПОШУКИ МЕТОДІВ ЗАХИСТУ**

**ASSESSMENT OF THE EFFECT OF CORROSION ON THE INTERNAL
SURFACE OF TANK WAGON BOILERS AND THE SEARCH OF
PROTECTION METHODS**

*канд. техн. наук Ю. В. Щербина,
аспірант А. О. Терещук*

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

*I. V. Shcherbyna, Ph.D.(Tech.),
A. O. Tereshchuk, postgraduate student
State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)*

Одним з найбільш важливих моментів під час вирішення питання продовження терміну служби вантажного вагона є його фактичний технічний стан, який визначається під час проведення процедури технічного діагностування. [1, 2]. Відомо, що суттєвою проблемою збільшення ресурсу вагонів-цистерн для перевезення хімічних вантажів є високий рівень зносу котла [3]. В першу чергу це пов'язано з корозійними явищами, які виникають внаслідок взаємодії внутрішньої поверхні котла з хімічними корозійно-активними вантажами. Для вирішення задачі з можливості експлуатації вагонів-цистерн в умовах визначення терміну служби внаслідок отримання корозійних пошкоджень [4] є необхідність розробки і застосування комплексної методики з оцінки остаточного ресурсу роботи вагонів-цистерн. При цьому перед фахівцями, дослідниками та науковцями постає особливе завдання – оцінити міцність конструкції котла при змінах його геометрії та визначити місця виникнення понаднормативних напружень.

У проведеній роботі розглянуті питання, які пов'язані з процесами виникнення корозії котлів вагонів-цистерн, призначених для перевезення хімічних вантажів, аналізом найбільш типових корозійних пошкоджень поверхні металу оболонки котла. Також представлено огляд та проведено аналіз існуючих методів захисту металоконструкцій від впливу корозійно-активного середовища.

Відомо, що корозія яка виникає на внутрішній поверхні котла є однією з основних причин неможливості виконання експлуатаційних функцій і пов'язана з впливом безлічі факторів - високою обводненістю продукції, що перевозиться, підвищеним рівнем кислотності, вмістом домішок, що збільшують швидкість протікання корозійних процесів, режимами транспортування, температури, стану поверхні котла металу і т.д. Ці фактори можуть впливати на швидкість корозійних процесів: в одних випадках можуть знижувати, а в інших -

підвищувати її. Незалежно від цього, принципова небезпека корозії визначається наявністю у складі транспортованих середовищ водної фази.

Котли вагонів-цистерн є вразливими до корозії, викликані фізичними процесами контактування різних середовищ і хімічними реакціями, що протікають у них внаслідок взаємодії. З часом корозія знижує цілісність котла і зрештою проникає в його структуру, викликаючи зміну товщини і призводячи до перфорації оболонки, що може призвести до витoku хімічних вантажів у навколишнє середовище та виникненню подальшої техногенної катастрофи.

Оскільки найбільша корозія утворюється всередині котла, масштаб небезпеки зазвичай невідомий і прихований доти, доки не з'являться зовнішні ознаки, які часто занадто пізно усувати. Своєчасне виявлення таких «небезпечних» зон є пріоритетним завданням при проведенні технічної діагностики поверхні котла, у зв'язку з чим розвиток методів прогнозування для виявлення їх на ранній стадії займає особливе місце при оцінюванні технічного стану конструкції вагона.

До найбільш характерних типів корозії, які спостерігаються в процесі експлуатації вагон-цистерн, відносяться:

- загальна корозія – відбувається по всій поверхні котла;
- місцева корозія – з'являється у певних місцях, де накопичується або знаходиться рідинна фаза хімічної речовини;
- піттингова корозія - зустрічається на горизонтальних поверхнях, на дні котла та в місцях скупчення рідинної фази (нижні листи).
- корозія металу зварного шва – виникає при взаємодії металу зварювання з металом котла, викликаючи електролітичну реакцію.

В ході проведення статичних досліджень різних видів корозії котлів вагонів-цистерн отримані наближені статичні співвідношення між ними, які представлені на рис. 1.

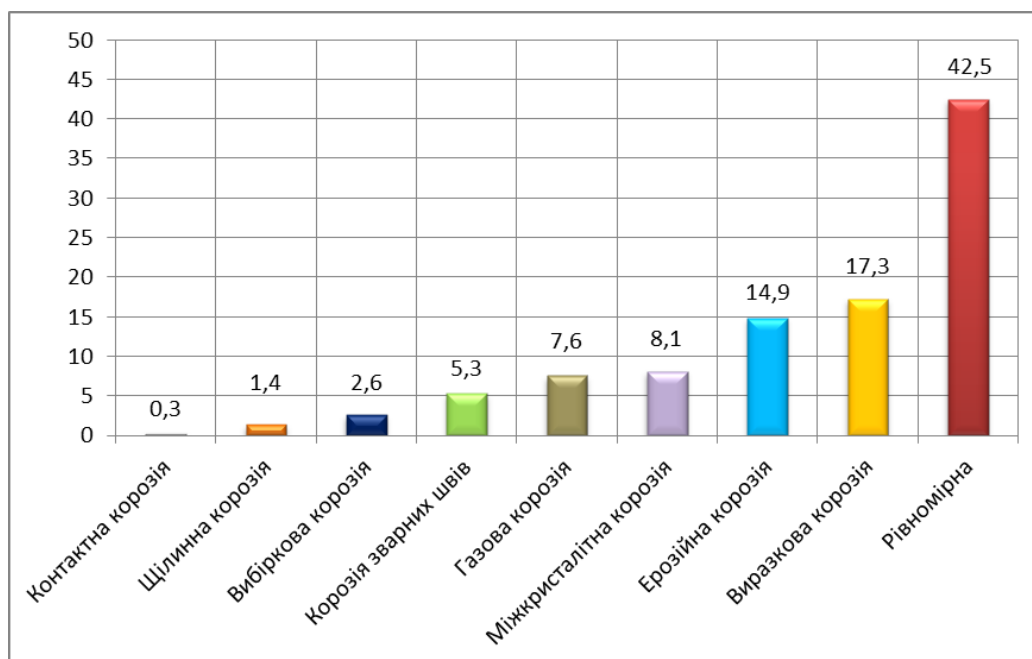


Рис.1 Загальне співвідношення за різними видами корозії (у відсотках) котлів вагонів-цистерн

В рамках проведеної роботи запропоновано використання протекторних систем захисту від дії електрохімічних корозійних процесів, пропонується розробити процедуру проведення діагностичних заходів щодо своєчасного виявлення дефектів на ранніх стадіях їх появи з використанням методу ультразвукової дефектоскопії. Для виявлення корозії котел повинен бути спочатку випорожнений від вмісту хімічного вантажу, а потім має бути виконане повне внутрішнє очищення з використанням струминного очищення під тиском. Далі проводиться неруйнівний контроль для перевірки товщини металу в різних точках котла, залежно від обраного місця проведення вимірювань. Відповідні виміри виконуються для нижньої, середньої та верхньої частини оболонки котла.

У процесі подальшої роботи планується розробка комплексу технічних рішень щодо захисту внутрішньої поверхні котла вагон-цистерни від корозії, який передбачає планування пропозицій щодо створення блочної системи захисту, розробку креслень для механізму захисту, створення макету системи захисту, розробку графіку проведення діагностичних робіт з визначення технічного стану внутрішньої поверхні котла після запровадження систем антикорозійного захисту, застосування методу контролю товщини металу оболонки котла вагон-цистерни за розробленою схемою вимірювань.

[1] Дослідження корозійних пошкоджень елементів вагонів під час технічного діагностування / Федосов-Ніконов Д.В., Стринжа А.М., Шамшей Д.О., Полулях В.М., Федоров В.В., Шушмарченко В.О. // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: Науковий Журнал. – 2019. – №3(251) – С. 181-185.

[2] Терещук А.О., Щербина Ю.В. «Огляд причин виникнення корозійних дефектів внутрішньої поверхні котла вагон-цистерни та можливі шляхи їх усунення». Науково-практична конференція здобувачів вищої освіти та молодих учених «ЛОГІСТИЧНЕ УПРАВЛІННЯ ТА БЕЗПЕКА РУХУ НА ТРАНСПОРТІ» СНУ ім. В.Даля. Збірник наукових праць науково-практичної конф., 1 лютого 2024 р., м. Київ, с. 76-79.

[3] Розрахункова модель корозійного пошкодження сталевих залізничних цистерн. / Макаренко В.Д., Тараборкін Л.А., Лукач В.С., Василюк В.І., Козаченко Н.В. // Проблеми тертя та зношування. – 2015. – № 4 (69). – С. 82-87.

[4] Щербина Ю.В., Терещук А.О. «Визначення втомної міцності котла вагон-цистерни з вичерпаним терміном служби з урахуванням корозійного зносу». Наукові вісті Далівського університету №25 2023р. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2023-25>.

**ДІАГНОСТИКА ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ В ЯКОМУ
ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ АЛЬТЕРНАТИВНІ ХОЛОДОАГЕНТИ**

**DIAGNOSTICS OF REFRIGERATION EQUIPMENT USING
ALTERNATIVE REFRIGERANTS**

*канд. техн.наук В. М. Іщенко,
канд. техн.наук Н. С. Брайковська,
старший викладач Юрій Демченко*

Державний університет інфраструктури та технологій (м. Київ)

*V. V. Ischchenko, PhD (Tech.),
N. S. Braykovska, PhD (Tech.),
Yuriy Demchenko, senior lecturer*

State University of Infrastructure and Technologies (Kyiv)

Технічна діагностика, це встановлення і вивчення ознак, які можуть характеризувати технічний стан систем, машин, елементів, для прогнозування відхилень (за допустимі межі, внаслідок чого можуть виникати відмови), які можливі в роботі, а також розробка засобів і методів визначення стану даних систем, для вчасного визначення порушення нормального режиму роботи. Ці методи застосовують для оптимальної організації процесів пошуку, контролю та прогнозування несправностей.

Впровадження об'єктивних методів контролю з використанням приладів, є основним напрямом вдосконалення експлуатації, обслуговування та ремонту вагонів та їх обладнання. Воно отримало назву системи технічного діагностування.

За призначенням системи технічного діагностування розподіляються:

- перевірки працездатності;
- правильності функціонування;
- пошуку дефектів.

Під час контролю працездатності, система технічного діагностування, визначає справне чи несправне холодильне обладнання, що перевіряється.

При пошуку дефекту, використовують непрацездатний об'єкт для визначення виду, місця і причини несправності. Структури системи технічного діагностування для указаних цілей контролю різні.

Системи технічного діагностування поділяються на: загальні, функціональні, локальні і тестові.

Загальна система технічного діагностування ставить діагноз для холодильної машини та її обладнання в цілому, а локальна — для складової частини машини.

Функціональне діагностування проводять під час звичайної експлуатації, в робочому режимі коли не відбуваються дії на холодильну машину з боку засобів діагностування

Тестове діагностування проводять при дії тестових впливів на холодильну машину або на її складі елементи, засобами технічного діагностування.

Система діагностування технічного стану холодильної машини може мати наступну схему (рис. 1).

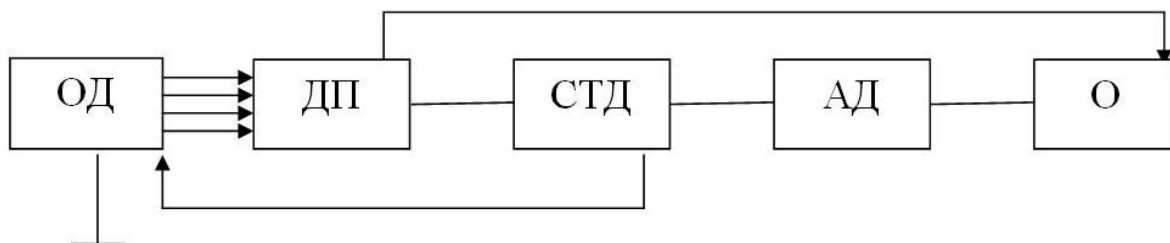


Рис. 1. Структурна схема системи технічного діагностування холодильної машини:
ОД — об'єкт діагностування; ДП — діагностичний параметр; СТД — засоби технічного діагностування; АД — алгоритм діагностування; О — оператор-діагност.

Система технічного діагностування холодильної машини – це об'єднаний комплекс пов'язаних між собою підсистем, таких як об'єкт діагностування, засіб діагностування і управлінська ланка.

Під об'єктом діагностування розуміють холодильну машину та її складові частини і обладнання.

Ціль діагностики, це виявлення змін, що виникають і приводять до погіршення роботоздатності холодильної машини.

Обробка інформації в діагностичних системах в основному автоматизована. Вона використовує досягнення науки і техніки.

На сьогоднішній день для діагностики енерго-холодильних систем, використовують метод термодинамічного аналізу, де описується з використанням математичних моделей взаємодія між енергією, яка використовується і холодопродуктивністю, що утворюється. Нестандартна поведінка навіть одного з елементів холодильної машини, призводить до зміни в роботі інших її елементів та усієї машини в цілому. Розподіл несправностей за функціями, базується на основі властивості термодинаміки робочих тіл, що проводять процеси переміщення маси і енергії в системі. Розглянуті функції приймаються як міра розбіжності ідеальної характеристики на початку експлуатації і дійсною характеристикою процесу життєвого циклу холодильного обладнання.

Запропоноване діагностування передбачає спочатку функціональне діагностування, а після тестове для пошуку дефекту. Під час функціонального діагностування вимірюються основні показники холодильної машини та отримують всі можливі зміни в даному робочому режимі.

При діагностуванні холодильного обладнання більш ефективним є метод прямого вимірювання. Він дозволяє визначити холодопродуктивність в

дійсному робочому процесі та здійснити порівняння з ідеальним значенням режиму роботи холодильної машини.

В запропонованій процедурі діагностування холодильна машина, що проходить діагностування, подається як розгорнута структура, де відображаються функціональні елементи та зв'язки між ними.

Схема процедури діагностування холодильної машини передбачає модульну структуру та складається: модуль обробки даних, модуль перевірки ефективності, модуль еталонної моделі, модуль діагностики, модуль прийняття рішення.

В модулі обробки даних сконцентрована база даних, яка включає характеристики обладнання холодильної машини та моніторинг показників режимів її роботи.

Модуль перевірки ефективності передбачає вимірювання параметрів дійсного робочого режиму холодильної машини, розрахунок її робочої холодопродуктивності та споживаємої потужності.

Модуль еталонної моделі містить ідеальні характеристики холодильної машини на початку експлуатації при використанні альтернативного холодоагенту.

Модуль діагностики передбачає порівняння отриманих значень робочої холодопродуктивності та споживаємої потужності холодильної машини в діагностувальному режимі з ідеальним значенням цих параметрів.

Модуль прийняття рішення передбачає за значенням розбіжності порівняння робочих та ідеальних показників холодильної машини наступні операції:

1. Подальша експлуатація.
2. Технічне обслуговування.
3. Ремонт.

Використання методу термодинамічного аналізу за допомогою математичних моделей взаємодії між енергією, яка використовується і холодопродуктивністю що утворюється, з впровадженням модульної структури діагностування дозволяє здійснювати технічну діагностику холодильного обладнання при експлуатації на альтернативному холодоагенті.

[1] Закон України «Про залізничний транспорт України» (нова редакція) <https://ips.ligazakon.net/document/NT0666>.

[2] Іщенко В. М. Термодинамічні особливості діагностування холодильного обладнання використанні альтернативних холодоагентів. В.М. Іщенко, О.Г. Дуганов, В.Т. Вислогузов. Збірник наукових праць ДонІЗТ. 2010. № 24. С. 155-160.

[3] Мартинов І. Е., Іщенко В. М., Труфанова А.В. Холодильне обладнання вагонів: Навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ. 2013. 154с., табл 21 рис 59.

[4] Мартинов І.Е., Іщенко В.М., Брайковська Н.С. Холодильні установки рефрижераторного рухомого складу: Навч. посібник. Харків: УкрДАЗТ 2013.134с., табл.9, рис35.

[5] Борзилов І.Д. Удосконалення технології технічного обслуговування та ремонту вагонів засобами технічної діагностики (Частина 2): Навчальний посібник. – Харків, УкрДАЗТ, 2003. – 83 с.

**МОДЕЛЮВАННЯ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ НОВОГО
ПОКОЛІННЯ**

MODELING OF NEW GENERATION PASSENGER CAR BODYWORKS

*технічний директор ПАТ КВБЗ А. О. Гречкін¹,
начальник ПКУ ПАТ КВБЗ Д. О. Єгоров¹,
докт. техн. наук І. Є. Мартинов²,
канд. техн. наук А. В. Труфанова²,
аспірант С. І. Мартинов²*

¹ПАТ Крюківський вагонобудівний завод (м. Кременчук)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

**A. O. Grechkin¹, Technical director PJSC KRCBW,
D. O. Egorov¹, Head of the Design and Engineering
Department PJSC KRCBW,
I. E. Martynov², D.Sc. (Tech.),
A. V. Trufanova², PhD (Tech.),
S. I. Martynov², postgraduate student**

¹PJSC "Kryukov Railway Car Building Works" (Kremenchuk)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Аналіз технічного стану пасажирського вагонного парку власності філії "Пасажирська компанія" АТ "Укрзалізниця" свідчить, що значна частина пасажирських вагонів власності була виготовлена ще наприкінці 80-х років та у 90-ті роки минулого сторіччя [1]. Спрацювання їх вузлів та деталей досягає 90 % [2]. Фактично на даний момент часу стан рухомого складу підійшов до критичної межі та потребує негайного оновлення [3].

ПАТ КВБЗ виготовляються пасажирські вагони нового покоління локомотивної тяги. Вони призначені для перевезення пасажирів по мережі залізниць колії 1520 мм зі швидкістю руху до 160 км/год. Вагони можуть експлуатуватися як на електрифікованих, так і на неелектрифікованих ділянках залізниці.

Для моделювання було обрано пасажирський вагон моделі 61-779 з хребтовою балкою. Основою конструкції є хребтова балка, виготовлена з двотавра №30. До неї приварені поперечні балки, виконані зі швелера. Для посилення з'єднання хребтової та поперечних балок також використовуються трикутники. Присутні у конструкції поздовжні балки використовуються для розміщення підвагонного обладнання. Кінцева частина рами складається з двох швелерів. Нижня обв'язка виконана зі швелера №20. Як обшивка використовується гофрований метал товщиною 2 мм. Обв'язка даху є 26 дугоподібних поперечних балок Z-подібного перерізу. Для посилення кожна

балка зварена нерівнополичним куточком на підставі дуги та 2 одиницями арматури.

Для створення моделі використовувався програмний комплекс Dassault SolidWork.

Для оцінки напружено-деформованого стану конструкції було розроблено розрахункову скінчено-елементну модель вагона. Вона дозволяє проводити розрахунки всіх видів експлуатаційних навантажень. Модель складається із стрижневих та пластинчастих кінцевих елементів. Для використання було обрано програмний комплекс ANSYS. Розрахунки проводилися на спільну дію поздовжніх та поперечних навантажень. Поздовжнє навантаження вважається рівномірно розподіленим уздовж хребтової балки і прикладається до підлоги. Поздовжнє навантаження, що діє на розтяг, додається до місця встановлення автозчепного пристрою. Граничні умови включають обмеження переміщень в підп'ятниковому вузлі.

Побудована модель дозволяє виконувати комплекс робіт по оптимізації конструкції кузова з урахуванням діючих навантажень.

[1] Божок Н. О., Булгакова Ю. В., Пуларія А. Л. Дослідження сучасного стану парку пасажирських вагонів // Збірник наукових праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна "Проблеми економіки транспорту". 2014. Вип. 8. С. 78-87.

[2] Мартинов І. Е. Труфанова А. В., Павленко Ю. С., Сергієнко М. О. Аналіз технічного стану кузовів пасажирських вагонів // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Збірник наукових праць. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Транспортне машинобудування. 2018. № 45 (1321). С. 41-46.

[3] Шикунів О. А. Рейдемейстер О. Г., Анофрієв В. Г. Дослідження граничного стану пасажирських вагонів // Вагонний парк. 2012. № 12. С. 4-6.

УДК 629.463.62

ВИЗНАЧЕННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВІЗКІВ ТИПУ Y25 ПІД ДОВГОБАЗНИМ ВАГОНОМ-ПЛАТФОРМОЮ

DETERMINING THE FEASIBILITY OF USING Y25 TYPE BOGIES UNDER A LONG-WHEELBASE FLAT WAGON

*докт. філософії Я. Діжо¹, докт. техн. наук А. О. Ловська²,
докт. філософії М. Блатницький¹,*

¹Жилінський університет (м. Жиліна)

²Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*J. Dižo¹, PhD (Tech), A. O. Lovska² D.Sc. (Tech.),
M. Blatnický¹, PhD (Tech)*

¹University of Zilina (Zilina)

²Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Для підвищення ефективності експлуатації залізничного транспорту колії 1520 мм в міжнародному сполученні важливим є модернізація конструкцій

вантажних вагонів. Дана модернізація повинна полягати не тільки в покращенні техніко-економічних показників вагонів, але і безпеки руху [1]. Особливо це актуально з точки зору підвищення швидкостей доставки вантажів. Одним із можливих варіантів вирішення даної задачі є використання під вагонами візків з покращеними характеристиками, наприклад, Y25. При цьому, підвищення швидкостей доставки вантажів вимагає застосування і сучасних гальмових систем на таких візках, зокрема дискових, які доцільно експлуатувати на швидкостях руху більше 140 км/год. У зв'язку з цим, актуальним є проведення досліджень щодо доцільності застосування візків типу Y25 під вагонами, що експлуатуються в міжнародному сполученні. Це не тільки би сприяло підвищенню ефективності експлуатації транспортної галузі через міжнародні транспортні коридори, а і економіки євроазіатських країн.

Метою дослідження є визначення доцільності застосування візків типу Y25 під довгобазним вагоном-платформою. Для досягнення зазначеної мети поставлені такі завдання:

- визначити основні параметри дискового гальма вагона-платформи;
- визначити основні показники динаміки вагона-платформи;
- провести розрахунок на міцність несучої конструкції вагона-платформи.

З метою визначення основних параметрів дискового гальма вагона-платформи проведено відповідний розрахунок. У якості прототипу обрано вагон-платформу моделі 13-7024 (ПАТ "КВБЗ", м. Кременчук). Враховано, що вагон-платформа завантажений чотирма контейнерами, типорозміру 1СС. На підставі проведених розрахунків встановлено, що з урахуванням використання повної вантажопідйомності вагона-платформи, кількість гальмівних дисків на одній осі колісної пари повинна складати 2 диски. При цьому діаметр гальмівного циліндра прийнято рівним 203 мм, тобто він дорівнює діаметру стандартного гальмівного циліндра, що застосовуються в дискових гальмах.

Для оцінки ходу вагона-платформи проведено розрахунок основних показників його динаміки. Для цього застосовано математичну модель, сформовану проф. Дьомінім Ю. В. та доц. Черняк Г. Ю. Дана модель описує рух вагона колією зі стиками. Враховано, що вагон-платформа утворений трьома тілами: рама та два візки. При проведенні моделювання прийнято припущення, що контейнери не мають власного ступеня вільності відносно рами вагона-платформи. Колія має пружно-в'язкі властивості.

Розрахунок здійснено при швидкості руху вагона-платформи 140 км/год. Для розв'язку зазначеної моделі застосовано програмний комплекс MathCad, який реалізує метод Рунге-Кутта. Встановлено, що при перевезенні вагоном-платформою контейнерів у завантаженому стані максимальне прискорення, яке діє в його центрі мас складає близько $1,4 \text{ м/с}^2$. При цьому коефіцієнт вертикальної динаміки дорівнює 0,15. Дані показники динаміки відповідають "відмінному" ходу вагона-платформи [2].

При перевезенні вагоном-платформою порожніх контейнерів максимальне прискорення в центрі мас дорівнює $1,7 \text{ м/с}^2$. Коефіцієнт вертикальної динаміки склав 0,18. Отже, хід вагона-платформи оцінюється як "відмінний" [2]. Проведені розрахунки доводять доцільність використання візків типу Y25,

оснащених дисковим гальмом, під вагоном-платформою моделі 13-7024. Важливо сказати, що використання даної моделі візків сприяє зменшенню вертикальних динамічних навантажень вагона-платформи на 31,8% у порівнянні із застосуванням візків моделі 18-100.

З урахуванням того, що застосування візків типу Y25 сприяє зменшенню вертикальних динамічних навантажень на вагон-платформу, то в рамках дослідження також проведено визначення міцності несучої конструкції вагона-платформи. Графічні роботи зі створення її просторової моделі відтворювалися в SolidWorks, а розрахунок на міцність – в SolidWorks Simulation із застосуванням методу скінчених елементів.

Розрахунок на міцність проведено при сприйнятті вагоном-платформою вертикальних навантажень. На підставі проведених розрахунків встановлено, що максимальні напруження виникають в зонах взаємодії діагональних розкосів зі шворневими балками і складають 128,7 МПа. Треба зазначити, що отримані напруження майже на 15% нижчі за ті, що мають місце в конструкції вагона-платформи за умови використання візків 18-100. З урахуванням циклічності дії експлуатаційних навантажень на несучу конструкцію вагона-платформи отриманий резерв буде сприятиме покращенню втомної міцності.

Проведені дослідження сприятимуть підвищенню ефективності експлуатації транспортної галузі через міжнародні транспортні коридори, а також створенню напрацювань щодо проектування сучасних високоефективних транспортних засобів залізничного призначення.

[1] Jingsheng Li, Zhenghu Pang, Xize Liu, Nana Niu, Bingyan Zhang. A Study on a Solution for Standardization Work for the Sustainable Development of Railway Enterprises. Sustainability. 2024. Vol. 16, 2564. <https://doi.org/10.3390/su16062564>

[2] ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

**ДОСЛІДЖЕННЯ МІЦНОСТІ ЗЙОМНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ КРІПЛЕННЯ
КОНТЕЙНЕРІВ В НАПІВВАГОНАХ ПРИ ВАНТАЖНО-
РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЯХ**

**RESEARCH ON THE STRENGTH OF A REMOVABLE MODULE FOR
FIXING CONTAINERS IN AN OPEN WAGONS DURING LOADING AND
UNLOADING OPERATIONS**

*докт. техн. наук С. В. Панченко,
докт. техн. наук А. О. Ловська,
ст. викладач П. В. Рукавішников*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*S. V. Panchenko, D.Sc.(Tech.),
A. O. Lovska, D.Sc. (Tech.),
P. V. Rukavishnykov, senior lecturer*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Розвиток транспортної інфраструктури є одним із головних факторів підвищення показників економіки європейських держав. Вже тривалий час транспортна галузь забезпечує потреби народного господарства та населення у перевезеннях. Значний сегмент перевезень припадає на залізничний транспорт. З метою підвищення ефективності перевізного процесу на сучасному етапі розвитку транспортної галузі дістало впровадження в експлуатацію контейнерів [1]. Перевезення контейнерів залізницею здійснюється на вагонах-платформах. Нестача вагонів-платформ в експлуатації викликає необхідність використання напіввагонів під контейнерні перевезення. Разом з цим, відсутність адаптації напіввагона до таких перевезень може призвести до виникнення пошкоджень не тільки самого контейнера, перевозимого у ньому вантажу, а і кузова напіввагона. У зв'язку з цим, питання ситуаційної адаптації напіввагонів до перевезень контейнерів є досить актуальними та потребують дослідження.

Для безпечного перевезення контейнерів в напіввагоні пропонується використання зйомного модуля. Даний модуль працює за принципом проміжного адаптера між контейнером та кузовом напіввагона. Кріплення контейнерів в модулі здійснюється через фітингові упори.

Завантаження зйомного модуля з контейнером до напіввагона передбачається підвісними (рис. 1) або іншими типами вантажно-розвантажувальних пристроїв. При цьому взаємодія підвісних пристроїв зі зйомним модулем здійснюється через його верхні фітинги.

Для дослідження міцності зйомного модуля при вантажно-розвантажувальних операціях проведено відповідні розрахунки. До уваги прийнято дві схеми його завантаження в напіввагон:

- за допомогою підвісних стропів (рис. 2, а);
- за допомогою спредера (рис. 2, б).

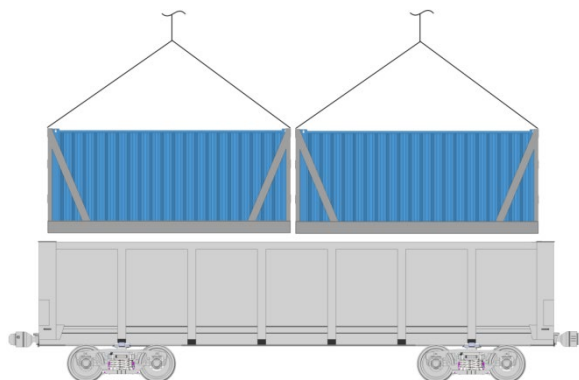


Рис. 1. Завантаження зйомних модулів з контейнерами до напіввагона



Рис. 2. Підвісні засоби транспортування при взаємодії із контейнерами
а) стропи; б) спредер

На першопочатковому етапі досліджень проведено визначення міцності зйомного модуля при його підйомі із використанням стропів. Розрахунок на міцність проведено в програмному комплексі SolidWorks Simulation із застосуванням методу скінчених елементів.

Результати розрахунку зйомного модуля на міцність показали, що максимальні напруження виникають в зонах взаємодії вертикальних стійок з повздовжніми балками. Ці напруження склали 124,5 МПа, але вони не перевищують допустимі [2]. Отже, при завданій схемі навантаження міцність конструкції зйомного модуля дотримується.

На наступному етапі досліджено міцність зйомного модуля при його підйманні спредером. Максимальні напруження зафіксовано в зонах взаємодії вертикальних стійок з повздовжніми балками. Ці напруження склали 135,7 МПа, але вони не перевищують допустимі [2].

Результати проведених досліджень сприятимуть підвищенню ефективності контейнерних перевезень залізничним транспортом та створенню напрацювань щодо проєктування конструкцій модульних транспортних засобів.

- [1] Sergii Panchenko, Alyona Lovska, Arsen Muradian, Yevhen Pelypenko, Pavlo Rukavishnykov, Oleksii Demydiukov. Identifying possible ways for adapting an open wagon for transporting containers. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2024. №5/7 (131). P. 6 – 14. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.311324>
- [2] ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

УДК 629.4.083:629.45

**РОЗВИТОК МЕТОДІВ АКУСТИЧНОГО КОНТРОЛЮ КОЛІСНИХ ПАР З
БУКСОВИМИ ВУЗЛАМИ ВАГОНІВ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ
МАШИННОГО НАВЧАННЯ**

**DEVELOPMENT OF METHODS FOR ACOUSTIC MONITORING OF
RAILWAY WHEEL PAIRS WITH AXLE-BOX UNITS BASED ON
MACHINE LEARNING METHODS**

*докт. техн. наук І. Е.Мартинов,
канд. техн.наук В. В. Бондаренко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*I. E. Martynov, D.Sc. (Tech.),
V. Bondarenko, Ph.D (Tech.)*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Сучасний пасажирський вагон являє собою складну інженерну конструкцію, яка включає до свого складу комплекс механічних, електричних та електронних систем. У зв'язку з цим, вкрай важливим завданням є достовірне і точне виявлення несправностей та дефектів обладнання на ранній стадії за допомогою сучасних діагностичних методів та автоматичних систем [1, 2, 6].

У роботі розглядаються питання удосконалення розробленої на кафедрі інженерії вагонів та якості продукції УкрДУЗТ бортової акустичної діагностичної системи, що призначена для виявлення дефектів на поверхні кочення коліс пасажирських вагонів під час руху. В основу даної системи був покладений метод акустичного контролю, що полягає у аналізі частотного діапазону акустичного сигналу від колісних пар з відомими частотами їх дефектів, виходячи з конструкції, геометричних розмірів та швидкості руху поїзда [1-4, 7]. Дана бортова акустично-діагностична система, на відміну від існуючих наземних систем, дозволяє здійснювати безперервний моніторинг технічного стану колісних пар вагонів по акустичним сигналам.

У той же час, окрім наведеного вище методу акустичного контролю, який покладений у основу даної системи, можуть бути використані й інші прогресивні методи аналізу та розпізнавання звукових сигналів. Основними групами методів, що можуть ефективно використовуватись у задачах технічного діагностування для виявлення дефектів на поверхні кочення коліс та

у підшипниках буксових вузлів, на основі аналізу акустичних сигналів, слід виділити наступні:

1. Аналіз частотного спектру (перетворення Фур'є (FFT) та вейвлет-аналіз);
2. Акустична емісія (аналіз звукових хвиль, що генеруються в результаті деформації, руйнування або зношення металу);
3. Вилучення ознак (Мел-частотні кепстральні коефіцієнти (MFCC), статистичні ознаки, аналіз енергетичних характеристик);
4. Машинне навчання та нейронні мережі. Дана група включає до свого складу наступні методи:
 - Метод опорних векторів (Support Vector Machine , SVM);
 - Випадкові ліси (Random Forest);
 - Наївний баєсів класифікатор (Naive Bayes);
 - Згорткові нейронні мережі (CNN).
 - Рекурентні нейронні мережі (RNN), зокрема Long Short-Term Memory (LSTM).

Серед наведених вище методів окремо слід виділити методи *машинного навчання та нейронні мережі*. [5]. Вони є сучасними, найбільш потужними та перспективними для використання у задачах технічної діагностики і, зокрема, можуть бути ефективно використані у запропонованій вище системі акустичного контролю колісних пар вагона. На рис.1 зображений алгоритм побудови та навчання моделі нейронної мережі.

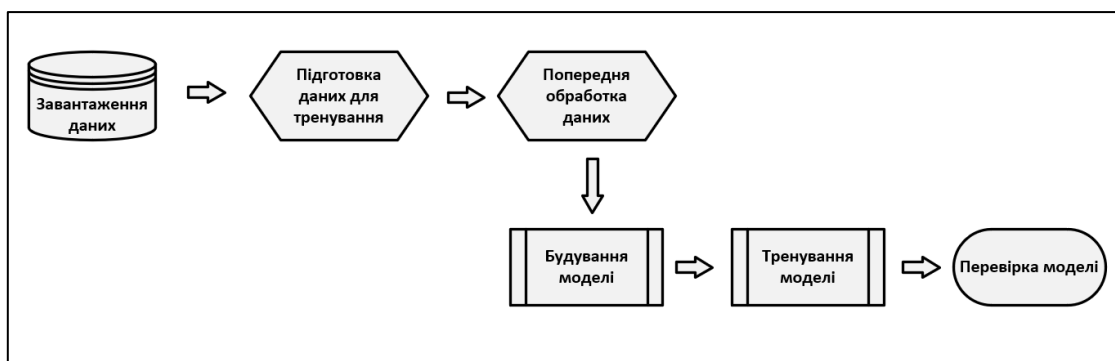


Рис.1 Блок-схема глибинного машинного навчання нейронної мережі для розпізнавання дефектів колісних пар вагонів

Наведемо основні етапи побудови та навчання моделі нейронної мережі:

1. Завантаження необхідного набору звукових даних для навчання.
2. Підготовка даних для тренування, включаючи анотацію (маркування звуків) та очистку (видалення шуму та непридатних записів).
3. Попередня обробка даних - нормалізація, сегментація, аугментація та виділення ознак.
4. Створення архітектури моделі, яка може бути нейронною мережею або іншою ML-моделлю.
5. Навчання моделі з використанням підготовлених даних та вибраного алгоритму оптимізації.

6. Використання навченого алгоритму для передбачення або класифікації на основі нових даних.

У ході подальшої роботи будуть проводитись збір акустичних даних від ходових частин вагонів під час руху та застосовуватись алгоритми глибинного машинного навчання на базі нейронних мереж для класифікації акустичних даних з метою розпізнавання дефектів на поверхні кочення колісних пар у підшипниках буксових вузлів, генераторі, редукторно-карданній передачі та інших елементах вагонів.

[1] Спосіб дистанційного акустичного контролю рейкового рухомого складу під час руху [Текст] пат. 95863 Україна МПК В61К 9/08 (2006.01), G01S 5/14(2006.01) / Бондаренко В.В., Візньак Р.І., Скуріхін Д.І. ; заявник та патентовласник Українська державна академія залізничного транспорту. - № а201005510 ; заяв. 05.05.2010; опублік. 12.09.2011, Бюл № 17/2011 – 5с.

[2] Бондаренко, В.В. Розроблення та випробування макетного зразка пристрою акустичного контролю колісних пар [Текст] Бондаренко В.В., Скуріхін Д.І., Мосійчук Т.В. // 36. наук. праць № 141. – Харків: УкрДАЗТ, 2013. – С. 83 – 87.

[3] Скуріхін, Д. І. Удосконалення технології технічного обслуговування та діагностики колісних пар пасажирських вагонів на основі методу акустичного контролю: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.22.07 “Рухомий склад залізниць та тяга поїздів” / Д.І. Скуріхін. - Харків, 2014. – 143 с.

[4] Onboard Acoustic Diagnostic System of railway vehicle [Електронний ресурс] : відеохостинг YouTube. Режим доступу до матеріалу - <https://youtu.be/hWA4xnJubH0>.

[5] В. В. Бондаренко, Д. І. Скуріхін. Акустичний контроль колісних пар вагонів під час руху та методи розпізнавання звукових сигналів. III міжнародна науково-технічна конференція «Інтелектуальні транспортні технології», Харків, 2023р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 123 с. 28-29.

[6] V. V. Bondarenko. The Application of Lithium-Ion Batteries for Power Supply of Railway Passenger Cars and Key Approaches for System Development// V. Bondarenko, D. Skurikhin, J.Wojciechowski// Smart and Green Solutions for Transport Systems: 16th Scientific and Technical Conference "Transport Systems. Theory and Practice 2019" Selected Papers.-Katowice: Springer International Publishing.-2020.- P. 114-125. DOI: 10.1007/978-3-030-35543-2_10.

[7] I. Martynov. Mathematical modeling of oscillations wheelset as the basis of the method of acoustic control/ I. Martynov, V.Bondarenko, D. Skurikhin// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.- 2014. - №7. - P. 22-28 DOI: 10.15587/1729-4061.2014.20088.

УДК 629.4.027

АНАЛІЗ ПЕРІОДИЧНОСТІ ПРОГНОЗУВАННЯ ВІДМОВ БУКС ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ З ЦИЛІНДРИЧНИМИ ПІДШИПНИКАМИ

ANALYSIS OF THE PERIODICITY OF FORECASTING FAILURES OF FREIGHT WAGONS WITH CYLINDRICAL BEARINGS

*докт. техн. наук І. Е. Мартинов,
інженер О. С. Калмиков,
аспірант О. М. Литовченко*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*I. Martynov, D.Sc. (Tech.), O. Kalmukov, engineer,
O. Lytovchenko, postgraduate student
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Буксові вузли залізничного рухомого складу є одними із найбільш відповідальних елементів ходових частин [1]. Відмова буксового вузла частіше

за все супроводжується надмірним нагрівом [2]. Момент виникнення нагріву буксового вузла на шляху прямування з подальшим відчепленням вантажного вагону від поїзду є випадковою подією, причина якої на момент відчеплення невідома [3]. Але для забезпечення безперебійного функціонування залізниці було б доцільним мати прогнози значення кількості відчеплень [4].

Прогнозування завжди виконується з використанням значного об'єму інформації. Але вихідний етап прогнозування завжди пов'язаний з аналізом тимчасових рядів, що дозволяє отримати закономірність зміни певного явища у часі.

Кількість відчеплень вагонів через відмови їх елементів може змінюватись по місяцям року. Для сезонних коливань характерні щорічні зміни у рівнях, які стало повторюються з місяця у місяць. Тобто сезонні коливання – це регулярні підвищення та зниження рівнів динамічного ряду протягом календарного року, які спостерігаються на протязі певного періоду спостережень.

Рівень временного ряду доцільно розглядати як функцію тенденції, сезонності та випадковості. Відповідно при мультиплікативній моделі рівень динамічного ряду можна представити у наступному вигляді

$$y_i = y_t \times K_c \times E, \quad (1)$$

де y_i – фактичні рівні динамічного ряду;

y_t – теоретичні значення рівнів динамічного ряду;

K_c – коефіцієнт сезонності;

E – коефіцієнт впливу випадковості.

Сезонність характеризує коливання протягом календарного року, при згладжуванні рівнів ряду методом ковзної середньої період ковзання повинен дорівнювати року. Тоді буде можливо знівелювати вплив сезонності. Будемо розглядати календарний рік, як період з дванадцяти місяців. Це означає, що згладжування ряду повинно виконуватись ковзною середньою з дванадцяти членів ряду.

Характерною рисою запропонованої методики є необхідність спостереження на протязі тривалого часу над відмовами буксових вузлів та аналізом причин їх виникнення. В нашому випадку спостереження проводились на протязі 2022-2024 років над напіввагонами різних власників. Отримані результати можуть бути використані для обґрунтування необхідної кількості об'ємів колісних пар для забезпечення своєчасного відновлення працездатності вагонів.

[1] Аширбаев, Г. К. Повышение надежности буксовых узлов колесных пар железнодорожных вагонов / Г. К. Аширбаев, А. У. Утепова, И. А. Аширбаева // Вестник КазАТК. 2021. – № 2 (117). – С. 7-12.

[2] Martynov, I. E. Axlebox roller bearings for railway vehicles: design and calculation: monograph / I. E Martynov, A. V. Trufanova, O. M. Safronov – Kremenchuk, 2022. – 147 p.

[3] Мямлін, С. В. Вплив технічного обслуговування й ремонту буксових вузлів на ризики їх відмов / С. В. Мямлін, Л. А. Мурадян, О. А. Шикунів, І. В. Піценко // Наука та прогрес транспорту, 2022, № 1 (97) С. 59-70. doi: <https://doi.org/10.15802/stp2022/265424>.

[4] Lunys O. Investigation on features and tendencies of axle-box heating / Lunys O., Dailydka S., Bureika S. // Transport problems 2015. Vilnius Gediminas technical university. – V. 10. – Is. 1. – p. 105-114.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНОЇ ДИНАМІКИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМИ, ЗАВАНТАЖЕНОГО ЗЙОМНИМИ МОДУЛЯМИ ДЛЯ ДОВГОМІРНИХ ВАНТАЖІВ

RESEARCH OF VERTICAL DYNAMICS OF A FLAT WAGON LOADED WITH REMOVABLE MODULES FOR LONG LOADS

*докт. техн. наук А. О. Ловська¹,
докт. філософії Я. Діжо²*

¹*Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)*

²*Жилінський університет (м. Жиліна)*

*A. O. Lovska¹, D.Sc. (Tech.),
J. Dižo², PhD (Tech)*

¹*Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

²*University of Zilina (Zilina)*

Вже тривалий час залізничний транспорт є провідною галуззю транспортної системи, яка забезпечує стале функціонування економіки багатьох європейських країн [1]. Аналіз статистичних даних перевезень вантажів залізничним транспортом дозволив зробити висновок, що одним із найбільш поширених серед них є лісові. Перевезення їх залізницею здійснюється здебільшого на спеціальних вагонах-платформах, які оснащені вертикальними стійками для утримання вантажу.

Нестача таких вагонів-платформ в експлуатації призвела до ситуаційної адаптації універсальних вагонів-платформ до перевезень довгомірних вантажів. Однак це повністю не вирішує проблеми забезпечення транспортної галузі рухомим складом для перевезень таких вантажів.

Тому питання створення та впровадження в експлуатацію зйомних модулів для перевезень довгомірних, в тому числі, лісових вантажів, є досить актуальним питанням.

Для підвищення ефективності перевізного процесу запропоновано впровадження в експлуатацію зйомного модуля для перевезень довгомірних вантажів (рис. 1) [2]. Особливістю зйомного модуля є те, що його конструкція каркасна. Вантажний майданчик представлений рамою, яка складається з основних повздовжніх балок, основних поперечних балок та ряду проміжних поперечних балок. Для утримання вантажу від переміщень у повздовжній площині зйомний модуль має торцеві надбудови. Ці надбудови утворені сукупністю поперечних та вертикальних балок.

Для утримання вантажу від поперечних переміщень зйомний модуль оснащено боковими стійками. При цьому кутові стійки взаємодіють з першою стійкою з боку консолі похилими поясами. Для кріплення зйомного модуля на транспортних засобах в його кутових частинах передбачені фітингові упори.

Маса зйомного модуля складає близько 4,8 т.

Для визначення вертикальної навантаженості вагона-платформи при перевезенні зйомних модулів проведено математичне моделювання. Враховано, що вагон-платформа завантажений двома зйомними модулями. Обидва модулі мають однакову завантаженість вантажем і не мають власного ступеня вільності, тобто вони повторюють траєкторію переміщень вагона-платформи. Дослідження проведено на прикладі вагона-платформною моделі 13-401 на візках 18-100.

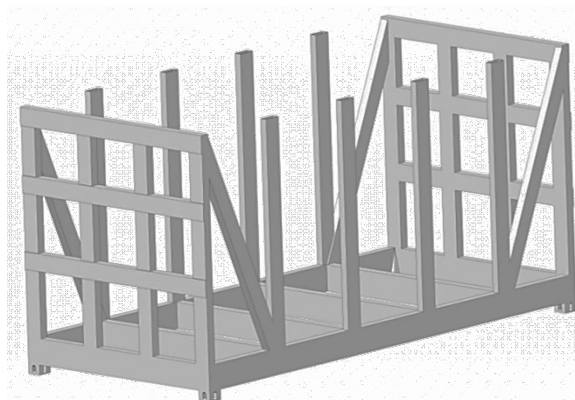


Рис. 1. Зйомний модуль

Встановлено, що при перевезенні вагоном-платформною зйомних модулів у завантаженому стані, максимальне прискорення в його центрі мас дорівнює $1,64 \text{ м/с}^2$. Прискорення, в зонах спирання вагона-платформи на візки складо $4,1 \text{ м/с}^2$. Максимальна сила, що виникає в ресорному підвішуванні вагона-платформи, дорівнює близько 60 кН. Максимальне значення коефіцієнту вертикальної динаміки складає близько 0,2. Отже, за умови руху вагона-платформи у завантаженому стані, його хід оцінюється як “відмінний” [3].

При перевезенні зйомних модулів у порожньому стані вагоном-платформною, максимальні прискорення в центрі мас його несучої конструкції склали $3,2 \text{ м/с}^2$. В зонах спирання на візки максимальні прискорення дорівнюють $5,0 \text{ м/с}^2$. При цьому максимальні сили в ресорному підвішуванні візків дорівнюють 56 кН. Коефіцієнт вертикальної динаміки склав 0,47. Дані показники динаміки відповідають “доброму” ходу вагона-платформи [3].

Проведені дослідження сприятимуть створенню рекомендацій щодо проєктування сучасних транспортних засобів контейнерних перевезень та підвищенню ефективності експлуатації залізничної галузі.

[1] Rúben Silva, Diogo Ribeiro, Cássio Bragança, Cristina Costa, António Arêde, Rui Calçada. Model Updating of a Freight Wagon Based on Dynamic Tests under Different Loading Scenarios. Applied Science. 2021. Vol. 11. 10691. <https://doi.org/10.3390/app112210691>

[2] Ловська А. О., Діжо Я., Блатницький М. Дослідження повздовжньої динаміки зйомного модуля для довгомірних вантажів при перевезенні вагоном-платформною. Наукові вісті Дніпровського університету. 2024. №26. <https://doi.org/10.33216/2222-3428-2024-26-8>

[3] ДСТУ 7598:2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проєктування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамохідних). Київ, 2015. 162 с.

**СТАТИСТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕСПРАВНОСТЕЙ
ЕЛЕКТРОПОВІТРОРозПОДІЛЬНИКА ПАСАЖИРСЬКОГО ВАГОНА В
ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**STATISTICAL STUDIES OF MALFUNCTIONS OF THE ELECTRICAL AIR
DISTRIBUTOR OF A PASSENGER WAGON IN OPERATION**

*докт. техн. наук В. Г. Равлюк,
Я. В. Дерев'янчук*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V. G. Ravlyuk, D.Sc. (Tech.),
Ya. V. Derevianchuk*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Для оптимізації функціонування АТ «Укрзалізниця» і забезпечення високої якості пасажирських перевезень, вкрай необхідне впровадження передових технологічних рішень, що сприяють забезпеченню безпеки залізничного транспорту [1, 2]. З огляду на це, пріоритетним напрямком є удосконалення гальмової системи пасажирських вагонів, яка відіграє ключову роль у безпечній експлуатації рухомого складу.

Гальмова система вагонів забезпечує регулювання швидкості руху поїзда та його зупинку у різних умовах експлуатації. Надійність гальмової системи під час експлуатації пасажирських поїздів визначається, як одне з ключових завдань в системі технічного обслуговування вагонів. Тому особлива увага повинна приділятися гальмовій системі пасажирського рухомого складу, як одній з найбільш відповідальних за його експлуатацію.

Для різного пробігу пасажирських вагонів під час їх технічного обслуговування зібрано значні масиви статистичних даних стосовно несправностей електроповітророзподільників № 305. Середній пробіг пасажирського вагона після технічного обслуговування (ТО-3) склав 78,38 тис. км, а після деповського ремонту – склав 148,89 тис. км.

Під час аналізу даних використовувалися методи математичної статистики для визначення дисперсії генеральної сукупності та стандартного відхилення, яке є оцінкою середньоквадратичного відхилення на підставі незміщеної оцінки дисперсії. Визначено, що середнє арифметичне значення несправностей $\bar{x} = 31,94$, а дисперсія $\sigma^2 = 32,44$.

На підставі аналізу статистичних даних про несправності електроповітророзподільників № 305 пасажирських вагонів за 2023 рік, виконано систематизацію та обробку інформації в програмному комплексі «STATISTIKA». Результати обробки наведено на гістограмі (рис. 1), де зазначено емпіричні дані про несправності цього вузла.

Визначено експериментальне значення $\chi^2(n)$ узгодженості функції розподілу

$F(x)$ вибірки з нормальним розподілом $F_0(x)$, яке склало $\chi^2(n)=7,55$. За результатами проведених розрахунків встановлено, що $7,55 < 19,7$ [3]. Тобто можна стверджувати, що функція розподілу даної вибірки задовольняє нормальному розподілу даних.

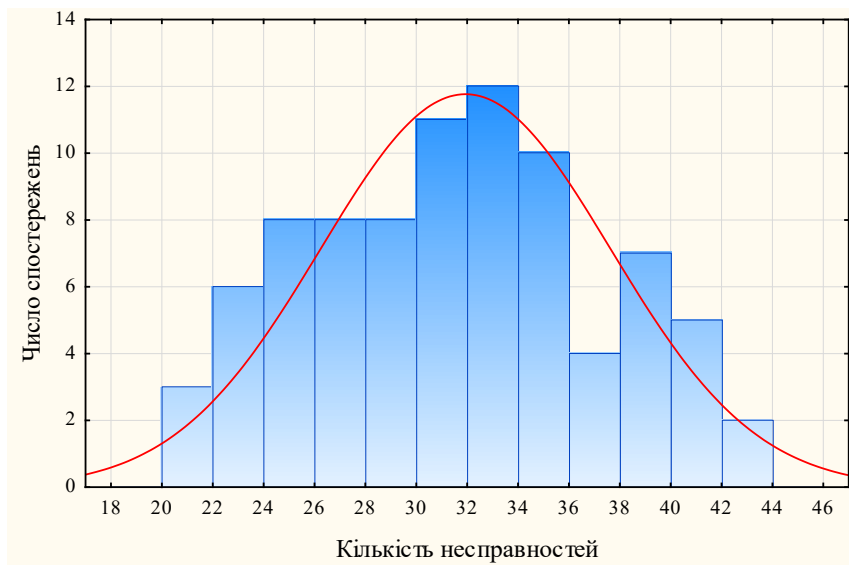


Рис. 1. Результати обробки статистичного матеріалу стосовно несправностей повітророзподільників № 305

Встановлено, що кількість несправностей електроповітророзподільників № 305 залежить від пори року й зростає переважно у період зниження температури повітря навколишнього середовища. Це призводить до погіршення умов роботи елементів електроповітророзподільника – зниження якості ізоляції, незадовільного стану контактів електричної частини, руйнування котушок електромагнітних клапанів, зниження якості гумових манжет і прокладок, пошкоджуються сідла клапанів, знижується якість мастила тощо, що в результаті призводить до відмов вузлів гальмового обладнання під час руху поїзда. Крім того, в результаті порушень щільності гумових манжет, прокладок, сидел клапанів збільшується ризик пропусків і витікання повітря, що погіршує як роботу вузлів, так і технічні характеристики гальмової системи пасажирських вагонів в цілому [2].

Наведені результати несправностей і проведені аналітичні дослідження процесу роботи електроповітророзподільників № 305, дозволили вперше виявити низку негативних факторів, які впливають в умовах експлуатації на працездатність їх елементів. Крім того, наведені несправності призводять до зростання експлуатаційних витрат і збільшення часу прямування поїзда до пункту призначення, а також зменшення рівня безпеки руху.

[1] Ravluyk V., Derevianchuk I., Afanasenko I., Ravluyk N. Development of electronic diagnostic system for improving the diagnosis reliability of passenger car brakes. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 2(9(80)). P. 35–41. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.66007>

[2] Інструкція з експлуатації гальм рухомого складу на залізницях України: ЦТ-ЦВ-ЦЛ-0015: Затв. нак. Укрзалізниця від 28.10.1997. № 264-Ц, Київ: 2004. 146 с.

[3] Герич М. С., Сияньська О. О. Математична статистика: навчальний посібник. Ужгород: ДВНЗ «УжНУ», 2021. 146 с.

**ВИКОРИСТАННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВОГО АНАЛІЗУ ДЛЯ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ**

**THE USE OF CAUSE-AND-EFFECT ANALYSIS TO ENSURE THE
RELIABILITY OF PRODUCTION PROCESSES**

*канд. техн. наук Д. І. Волошин,
канд. техн. наук Л. В. Волошина*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

***D. Voloshyn, PhD (Tech.),
L. Voloshyna, PhD (Tech.)***

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Складність сучасних технологічних процесів ремонту вагонів, неможливість одночасно охопити весь спектр факторів, що здатні приводити до аварійних ситуацій, робить доцільним використання методу причинно-наслідкового аналізу для моніторингу виробничої системи з метою забезпечення нормативної надійності (рис. 1) [1].

Комплексність даного підходу полягає у комбінованому застосуванні логіко-імовірносних моделей дерева відмов та дерева подій (наслідків) для аналізу можливих станів виробничої системи та оцінювання впливу небажаних подій на її загальну надійність. Кожен з методів дозволяє вирішити одну з частин забезпечення надійності виробничої системи [2].

Дерево відмов - це графічне представлення зв'язків між відмовами виробничої системи. Одною з переваг даного методу є систематична логічно обґрунтована побудова безлічі відмов її елементів, що можуть приводити до небажаної події при встановленні зв'язку між комбінаціями відмов.

В якості цілей застосування методу дерева відмов можна вказати наступні:

- оцінювання частоти відмов виникнення небажаних подій (відмов, аварій);
- визначення комбінацій факторів, які впливають на виникнення небажаних подій та як їх наслідок – станів непридатності виробничої системи;
- ідентифікація корегувальних впливів для забезпечення надійності та визначення їх впливу на систему.

Дерево наслідків - це аналітичний метод, що використовується для прогнозування можливих сценаріїв розвитку подій після виникнення певного інциденту чи відмови у системі. Воно допомагає наочно відобразити послідовність подій та оцінити потенційні наслідки кожного з них, що дозволяє визначити ризики і розробити заходи для їх мінімізації.

Дерево подій (наслідків) дозволяє вирішити наступні задачі:

- ідентифікацію можливих сценаріїв розвитку подій;
- оцінку імовірності і важкості наслідків кожної критичної події;

- виявлення критичних виробничих елементів та слабких місць системи;
- розробку заходів для зниження виробничих ризиків;
- оптимізацію рішень по управлінню ризиками;
- загальне підвищення надійності виробничої системи.

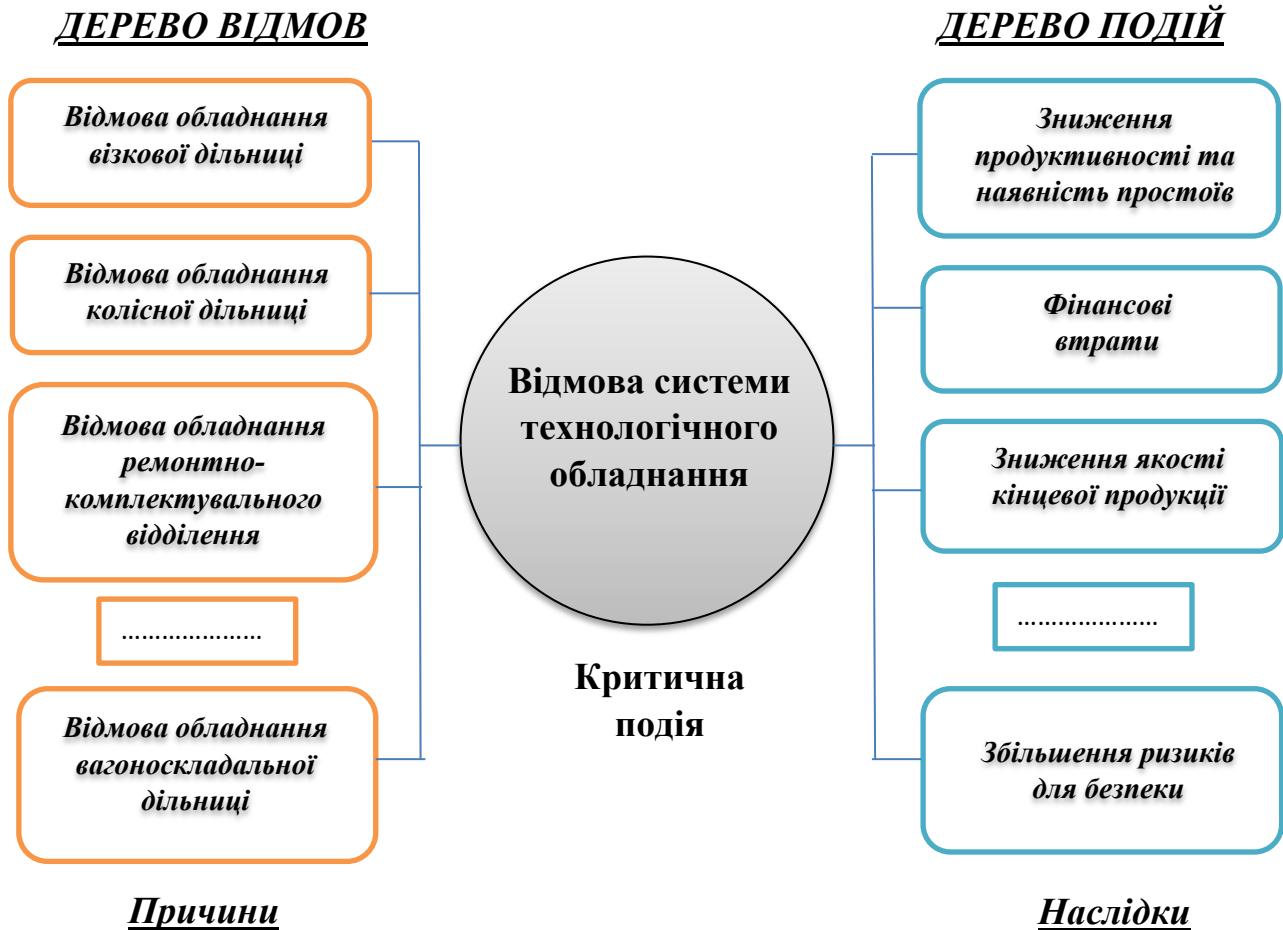


Рис. 1. Приклад реалізації методу причинно-наслідкового аналізу для критичної події «Відмова системи технологічного обладнання»

Якщо основною перевагою дерева відмов є облік причинно-наслідкового зв'язку між відмовами виробничих елементів, то дерева подій дають картину фізичних процесів, що приводять елементи і систему до критичних станів. Використання причинно-наслідкового аналізу дозволяє одержати дієвий інструментарій моніторингу станів виробничої системи у реальному часі та значно підвищити надійність та стійкість виробничої системи [3].

[1] Волошин Д. І., Волошина Л. В. Особливості формування логістичних систем ремонту вагонів з огляду на управління виробничими ризиками. Інноваційні технології розвитку машинобудування та ефективного функціонування транспортних систем: матеріали тез IV Всеукраїнської науково-технічної інтернет-конференції 26-27 квітня 2023 року [Електронне видання] Рівне, НУВГП, 2023. С.70-72.

[2] Волошин Д. І., Волошина Л. В. Управління виробничими ризиками в технологічних системах вагоноремонтних підприємств. Збірник наукових праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія «Транспортні системи і технології». Вип. 39. К.: ДУІТ, 2022. 22-29 с. DOI:10.32703/2617-9040-2022-39-3

[3] EC 60812 Analysis techniques for system reliability - Procedures for failure mode and effect analysis (FMEA).

КОНСТРУКЦІЙНІ ОСОБЛИВОСТІ ПІВВАГОНА З ГЛУХИМ КУЗОВОМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

CONSTRUCTION FEATURES OF A SEMI-WAGON WITH A DEAF BODY OF THE NEW GENERATION

канд. техн. наук Р. І. Візняк

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

R. Viznyak, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Модель піввагона (ПВ) нового покоління представлена на рис. 1.



Рис. 1. ПВ нового покоління

ПВ нового покоління розроблявся, виходячи з умов його спеціалізації та експлуатації у залізнично-водному сполученні, з метою доставки сипучих та навалочних вантажів до портів, а також з можливістю транспортування на залізничних поромках водного транспорту; експлуатацією у замкнутих кільцевих маршрутах, які пов'язують з розміщенням гірничо-збагачувальних комбінатів та існуючих родовищ вугільної промисловості. Це дозволяє їх експлуатацію по всій мережі залізниць, колії ширини 1520 мм, а також зі встановленим виходом на колію шириною 1435 мм європейських країн, що широко використовується у міжнародному сполученні. У табл. 1 приведені основні його параметри:

На основі досягнень у світовому вагонобудуванні та, враховуючи досвід експлуатації ПВ різних типів, було розроблено конструкцію ПВ нового покоління. Всі існуючі конструкції ПВ мають схожу та однотипну конструкцію, що дозволяє зменшити витрати при їх ремонті та технічному обслуговуванні, завдяки високій уніфікації основних вузлів та деталей. В новій конструкції також задіяні рішення і основні типові вузли [1, 2]. Габаритні розміри розробленого ПВ наведені на рис. 2.

Табл. 1. Основні техніко-економічні показники ПВ нового покоління

Найменування і розмірність параметру	Значення параметру
1 Ширина рейкової колії, мм	1520
2 Вантажопід'ємність, т	82
3 Маса (тара), т	22,8±0,5
4 Максимальне розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейкову колію, кН (тс)	254,9 (27)
5 Об'єм кузова, м ³	100
6 Конструкційна швидкість, км/год, (не більше, ніж)	100
7 Довжина по осях зчеплення автозчепів, мм	13834 ⁺⁶⁴ □11
8 Внутрішні розміри кузова, мм:	
— ширина	2932±10
— довжина	12626±10
— висота	
..від верхньої обв'язки до хребтової балки	2591±6
..до днища вантажної ниши	3304±6
9 Габарит, згідно [2]	1-ВМ

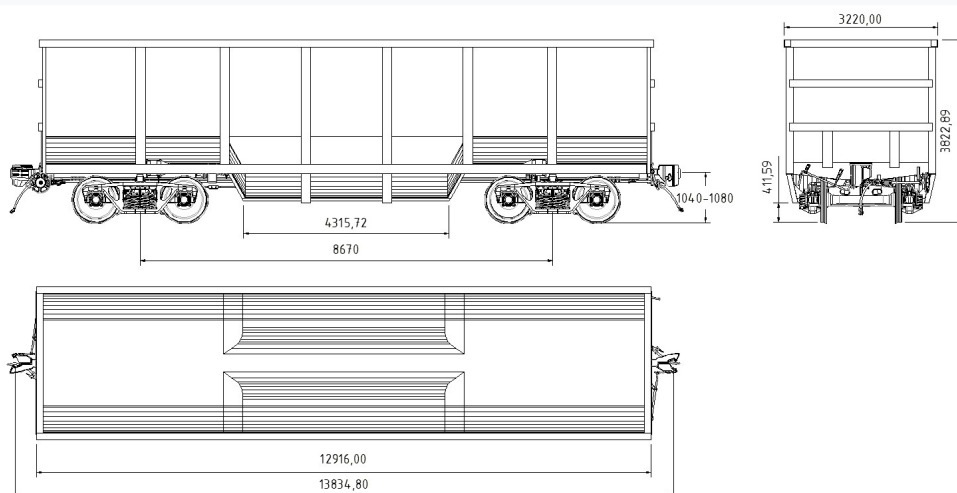


Рис. 2. Загальний вигляд ПВ

Головною відмінністю від ПВ — аналогів, які на даний момент експлуатуються АТ “Укрзалізниця” і операторами рухомого складу, розроблений ПВ має ряд переваг:

- збільшене осьове навантаження до 265 кН (27 т) на вісь;
- габарит 1-ВМ;
- збільшена вантажопід'ємність до 82 т;
- збільшений об'єм кузова до 100 м³;

- використання по візкового гальмування;
- збільшений нормативний термін служби не менше 32 років;
- збільшений міжремонтний пробіг до 1 млн. км, при використанні ходових частин нового покоління;
- забезпечення збереження при вантажно-розвантажувальних роботах (ВРР), згідно до [3], і за рахунок остаточного виключення з експлуатації грейферного розвантаження.

До недоліків розробленого ПВ можна віднести часткове зменшення його універсальності і можливе збільшення порожнього пробігу при недостатній завантаженості перевізного процесу, згідно [4, 5].

- [1] ДСТУ 7598: 2014. Вагони вантажні. Загальні вимоги до розрахунків та проектування нових і модернізованих вагонів колії 1520 мм (несамоходних). Чинний від [2014-12-02]. Вид. офіц. Київ, 2014. 32 с. URL: <http://uas.org.ua> (дата звернення: 17.05.2021).
- [2] ДСТУ Б В.2.3-29:2011. Габарити наближення будівель і рухомого складу залізниць колії 1520 (1524) мм (ГОСТ 9238-83, MOD). Чинний від [2012-12-01]. Вид.. Київ, НАЦІОНАЛЬНИЙ СТАНДАРТ УКРАЇНИ, Мінрегіон, 2012. 50 с. URL: <https://kzv.do.am/>. (дата звернення: 15.11.2024).
- [3] ДСТУ ГОСТ 22235: 76:2010:2015 Вагони вантажні магістральних залізничних доріг колії 1520 мм. Загальні вимоги щодо забезпечення збереження під час завантажувально-розвантажувальних та маневрових робіт (ГОСТ 22235-2010, IDT) [Чинний від 2010-11-12]. Вид. офіц. Київ, 2015. 24 с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200082560> (дата звернення: 16.05.2021).
- [4] Візняк, Р. І. Проектування перспективного піввагона нового покоління підвищеної вантажопідємності з припустимим осьовим навантаженням 25- 27 т. [Текст] / Р.І. Візняк, І.В. Чепурченко // Проблеми і перспективи розвитку залізничного транспорту: міжнар. наук.–техн. конф. - Дніпропетровськ : ДПТ, 14 - 15 Квітня 2012. – 67 с.
- [5] Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК⁷ В61F 1/00, В61D 3/00 . Піввагон з глухим кузовом: Пат. 72360 Україна, № 72360 МПК⁷ В61F 1/00 / І.В. Чепурченко І.В., Візняк Р.І. (Україна); УкрДАЗТ. №201203065; Заявл. 16.03.2012. Опубл. 10.08.2012.Бюл. №6. – 9 С.

УДК 629.4

ОСНОВНІ НЕСПРАВНОСТІ БОКОВИХ РАМ ВІЗКІВ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

MAIN MALFUNCTIONS OF THE SIDE FRAMES OF FREIGHT CAR BAGIES DURING OPERATION

*канд. техн. наук А. О. Каграманян,
О. А. Жерновенков, В. М. Березний*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*A. Kagramanian, PhD (Tech),
O. Zhernovenkov, V. Bereznyi
Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)*

Одними з найбільш навантаженими частинами є надресорні балки та бокові рами візка. За період експлуатації (32 роки) вони витримують близько 400 — 600 млн. знакозмінних навантажень.

Випадки зламів бокових рам призводять до сходу з колії і руйнувань.

Основними зонами появи тріщин утоми на бокових рамах візків вантажних вагонів в експлуатації є [1]:

- зовнішній кут буксового прорізу;
- внутрішній кут буксового прорізу;
- нижній кут ресорного отвору;
- верхній кут ресорного отвору;
- надбуксовий проріз;
- технологічне вікно;
- похилий пояс.

Найчастіше внутрішні дефекти залягають в галтелях, границях ребер жорсткості, Т-подібних перерізах елементів бокових рам, що мають низьку можливість контролю для неруйнівних методів.

На практиці, саме такі дефекти, у вигляді усадочних раковин і пісочних засмічень з гострими границями, локалізовані в навантажених зонах бокових рам, призводять до підвищеної концентрації напружень в гострих вершинах. Практичні дослідження зламів бокових рам під час проведення стендових випробувань підтверджують, що втомні тріщини зароджуються в гострих вершинах внутрішніх ливарних дефектів.

Аналіз експлуатації бокових рам показав, що бокові рами мають ряд експлуатаційних і конструктивних недоліків, найбільшу кількість бокових рам бракується за наявності тріщин. Найбільш навантаженою та небезпечною зоною є зона внутрішнього кута буксового прорізу (від 90 % до 100 % зламів відбулося по цій зоні).

Однією з причин є якість виготовлення бокових рам. Для ливарного виробництва характерно досить значне відхилення товщини стінок від номінальних розмірів, особливо при виготовленні таких великих і складних виливків, якою є бокова рама. При виборі методів литва слід враховувати марку сталі, температурний режим заливки, способи подачі металу (ливникова система та розташування ливарних додатків), тому що ці фактори можуть викликати появу таких дефектів як гарячі тріщини, усадочні раковини, неспаї, недоливи тощо, що в свою чергу впливає на міцність деталі.

Причинами зламів є умови експлуатації, стан колії, режими руху, навантаженість рухомого складу (можливе перенавантаження), а також температура навколишнього середовища.

Основна кількість катастроф відбувалася в зимовий період, коли умови експлуатації важчі та спостерігається збільшення крихкості металу.

На основі вищевикладеного можна виділити такі причини виникнення зламів [2]:

1. Підвищення динамічної навантаженості через погіршення режимів роботи системи гасіння коливань візка (підвищення амплітуди напружень в зоні R55 на 20-25 %).

2. Перехід від двотаврової конструкції консольної частини до конструкції з коробчастим перерізом. Двотаврова конструкція під час забігання бокових рам працює як пружно-деформований гасник коливань, тоді як коробчаста

конструкція більш жорстка, в результаті чого напруження від згинальних та крутильних моментів передається в зону R55.

3. Підвищення динамічної навантаженості зони R55 також може бути викликано зміненними умовами експлуатації вантажних вагонів в цілому і візка зокрема. До факторів, що впливають на зміну умов експлуатації, і як наслідок, навантаженості візка, відносяться:

— підвищене, щодо проектної для візка ЦНИИ-ХЗ і для візка 18-100, осьове навантаження (23,5 тс проти 22 тс);

— істотно вища поперечна й вертикальна жорсткість колії за рахунок двократного за останні 10 років збільшення частки ділянок колії на залізобетонних шпалах і впровадження нових типів рейкових скріплень;

— підвищення за останні 10 років середньої ваги бруто вагона на 5 — 10 % і ваги поїзда.

4. Модернізацій візка 18-100 і його аналогів. Введення зносостійкої планки виключає нерівномірний знос опорної поверхні й зменшує сили опору подовжньому переміщенню буксового вузла в буксовому прорізі. Коробчастий переріз буксового прорізу істотно збільшує його жорсткість і при поздовжніх ударах буксового вузла (наприклад, при гальмуванні) в консольну частину бокової рами, напруження перерозподіляються в зону R55, що в деякій мірі знижує втомну міцність бокової рами.

5. Застосування деяких з технологічних прийомів при виплавленні викликає прискорену кристалізацію розплаву в зоні R55 і можуть бути причиною виникнення нових типів дефектності, таких як усадочна мікропористість. Цей тип дефектності натепер не виявляється при контролі литва на заводах-виробниках, але, потенційно, може бути причиною різкого зниження опору металу, виникненню і розвитку тріщини.

[1] СТП 04-019:2022 Вагони вантажні. Ремонт візків. Правила виконання [Чинний з 2022-10-17] Вид.офіц. Київ, АТ «Укрзалізниця», 2022, 193 с.

[2] Мурадян Л. А. Розвиток наукових основ забезпечення надійності вантажних вагонів на етапах життєвого циклу: дис... докт. техн. наук: 05.22.07/ Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Дніпро, 2020, 377 с.

**ІННОВАЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ**

**INNOVATIVE MATERIALS AND THEIR IMPACT ON THE ENERGY
EFFICIENCY OF FREIGHT CAR STRUCTURES**

*канд. техн. наук А. В. Рибін,
аспірант М. В. Фісун*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*A.V. Rybin, PhD (Tech.),
M. V. Fisun, postgraduate student*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Від матеріалів, що використовуються в конструкціях вантажних вагонів, залежить їхня експлуатаційна довговічність та загальна енергоефективність. Впровадження мультиматеріальних технологій дозволяє оптимізувати структурні властивості, такі як міцність і жорсткість, при одночасному зменшенні ваги [1]. Це не тільки підвищує вантажопідйомність вагонів і знижує транспортні витрати, але й сприяє меншому навантаженню на колії, зменшенню споживання пального та скороченню викидів шкідливих речовин. Подовження терміну служби конструкційних елементів вагонів знижує потребу в частих замінах і ремонтах, що, у свою чергу, мінімізує кількість відходів і вплив на навколишнє середовище.

Традиційні матеріали, такі як сталь та алюміній, є основою для будівництва та ремонту вагонів вже більше століття. Сталь цінується за свою міцність і довговічність, тоді як алюміній відомий своєю легкістю та корозійною стійкістю. Проте ці матеріали не завжди здатні відповідати сучасним вимогам довговічності, екологічності та енергоефективності. Дослідження інноваційних матеріалів, таких як композити, вуглецеві матеріали, полімери та наноматеріали, доводять їхні значні переваги. Вони забезпечують кращий баланс між міцністю, жорсткістю та вагою, що робить їх привабливими для багатьох застосувань у вагонобудуванні.

Для початку дослідження необхідно зробити початкову вибірку потенційних матеріалів для конструкційних елементів вагона. Важливо оцінити їх властивості, експлуатаційні характеристики та енергоефективність. Конструкції з піноалюмінію [2] та композитні матеріали, зокрема полімери, армовані скловолокном і вуглепластиком [3] привертають увагу завдяки своїй високій міцності та легкості. Матеріали сендвіч-панелей [4] також є перспективними для вагонобудування, оскільки вони забезпечують високе співвідношення міцності до ваги. Наноматеріали, завдяки своїм унікальним властивостям, можуть значно підвищити продуктивність та ефективність.

Однією з важливих проблем впровадження інноваційних матеріалів є

забезпечення їх сумісності з існуючими конструкціями вагонів та ремонтними засобами. Необхідно провести ретельний аналіз впливу цих матеріалів на навколишнє середовище протягом всього життєвого циклу від виробництва до утилізації. Це дозволить оцінити їх екологічну стійкість та економічний ефект від впровадження нових конструкцій з використанням запропонованих матеріалів, враховуючи вартість матеріалів, ефективність ремонту та економію протягом життєвого циклу.

[1] J. Cuartero, A. Miravete, R. Sanz. Design and calculation of a railway car composite roof under concrete cube crash // International Journal of Crashworthiness. 2011. Vol. 16(1). P. 41 – 47. <https://doi.org/10.1080/13588265.2010.501163>

[2] Panchenko S. Determination of loading of a hopper car with an improved design of the spine beam / S. Panchenko, O. Fomin, G. Vatulia, O. Ustenko, A. Lovska, A. Rybin, L. Voloshina // Procedia Structural Integrity. - 2022. - №36. - P. 231–238.

[3] Застосування армованого вуглецевим волокном пластику для підвищення енергоефективності рейкових транспортних засобів / Рукавішников П. В., Скуріхін Д. І., Рибін А. В. // Матеріали XII міжнародної науково-практичної конференції «Людина, суспільство, комунікативні технології», 25 жовтня 2024 р. – Харків: УкрДУЗТ, 2024 – С. 200-201.

[4] Особливості комп'ютерного моделювання поперечної навантаженості кузова напіввагона зі стінами із сендвіч-панелей / Ю. Герліці, А. О. Ловська, Я. Діжо, А. В. Рибін // Збірник наукових праць III-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Транспорт: наука та практика», 16 травня 2024 р. – Київ: СЧУ імені В. Даля, 2024. – С. 192-194.

УДК 629.454.2

ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ НАДІЙНОСТІ КУЗОВІВ ПАСАЖИРСЬКИХ ВАГОНІВ, ЩО ВЖЕ ВІДПРАЦЮВАЛИ СВІЙ РЕСУРС

DETERMINATION OF THE RELIABILITY LEVEL OF PASSENGER WAGON BODIES THAT HAVE ALREADY EXPIRED THEIR RESOURCE

канд. техн. наук А. В. Труфанова

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

A. V. Trufanova, PhD (Tech.)

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Пасажирські вагони забезпечують перевезення пасажирів на великі відстані, тому питання безпеки і комфорту для них займають пріоритетне місце. Сучасний стан транспортної галузі не повною мірою відповідає вимогам ефективного реалізації євроінтеграційного курсу України [1]. Особливої актуальності зараз набувають питання підтримки надійності технічного стану наявного вагонного парку через проведення капітально-відновлювальних ремонтів, в тому числі з модернізацією і продовженням терміну служби.

Традиційний метод проектування [2], який базується на використанні довільних коефіцієнтів, таких як коефіцієнт безпеки та запас міцності, не дозволяє оцінити ймовірність відмови елемента вагона. Тому поширене уявлення про те, що збільшення коефіцієнта запасу міцності понад певний

рівень гарантує повне виключення відмови, не має достатнього наукового обґрунтування. Конструктивні параметри часто мають випадковий характер, що залишається поза увагою традиційних методів проектування. Унаслідок цього детерміністський підхід до проектування виявляється недостатньо ефективним з точки зору забезпечення надійності вагона. Тому необхідна альтернативна методика, яка враховувала б імовірнісну природу як характеристик міцності, так і конструктивних параметрів пасажирського вагона.

Пасажирський вагон – це одиниця рухомого складу та виріб багаторазового циклічного застосування, яке включає в себе велике кількість складових частин, що характеризуються різним функціональним призначенням та різними видами відмов.

Для оцінки залишкового терміну служби пасажирського вагона особливу роль грають або ті елементи, відмови яких миттєво приводять у непрацездатний стан, або ті елементи, відмови яких хоч і не призводять до відмови вагона в цілому, але мають високі витрати на ремонт чи заміну устаткування.

В цей перелік входять наступні вузли та агрегати:

- кузов та автозчепний пристрій (блок А);
- гальмове обладнання (блок В);
- ходові частини (блок С);
- вентиляція та кондиціонування (блок D);
- електроустаткування (блок E).

Всі інші елементи або не призводять до відмови вагона, або мають відносно низькі витрати на ремонт чи заміну обладнання.

На рис. 1 зображена деревоподібна модель надійності пасажирського вагона.

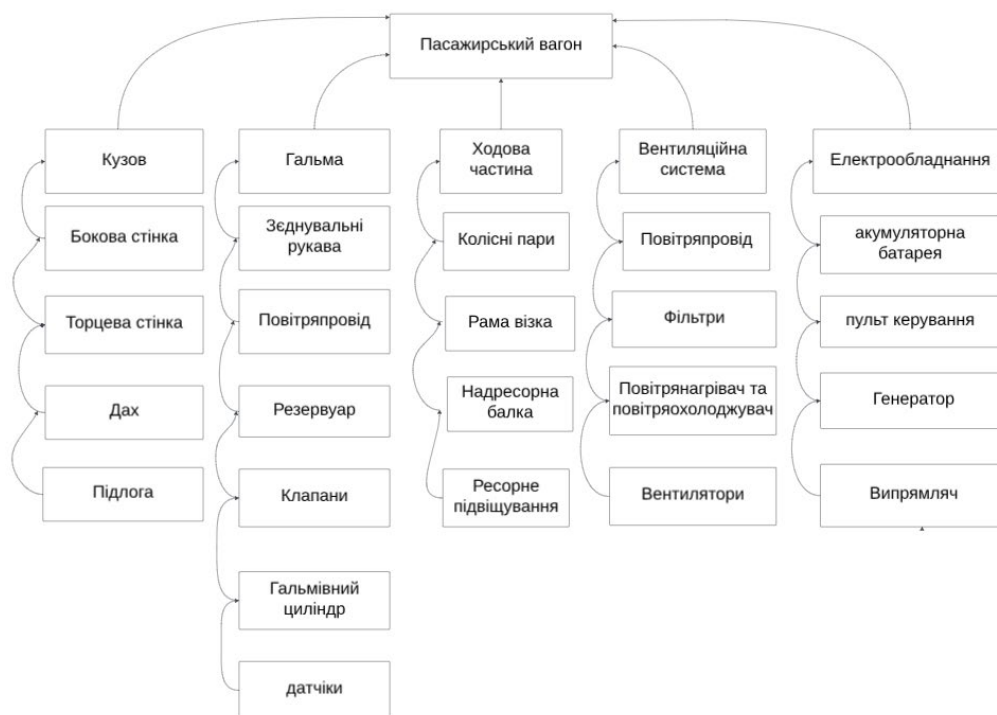


Рис. 1. Деревоподібна модель надійності пасажирського вагона

Рішення задач теорії надійності відображається блок-схемою надійності (рис. 2).

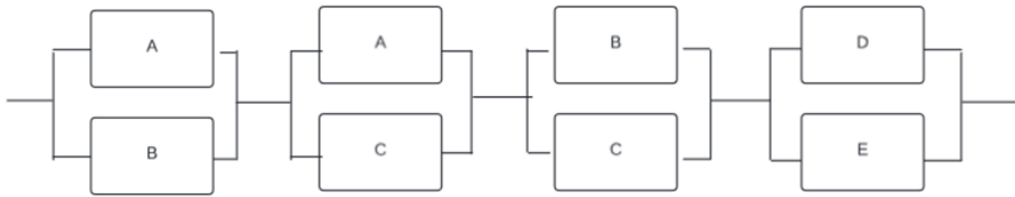


Рис. 2. Блок-схема надійності вагону

Очевидно, що відмова пасажирського вагону відбудеться, коли одночасно відмовлять системи А та В; А та С; В та С, або D та Е.

Тоді надійність системи пасажирського вагону визначається таким чином

$$P_c(t) = P_{AB}(t) \times P_{AC}(t) \times P_{BC}(t) \times P_{DE}(t). \quad (1)$$

[1] Мартинов І. Е., Калабухін Ю. Е., Труфанова А. В. Збір. наук. праць Державного університету інфраструктури та технологій Міністерства освіти і науки України: Серія "Транспортні системи і технології". Вип. 39. – К: ДУІТ 2022. С. 73-82.

[2] ДСТУ 7774:2015. Вагони пасажирські магістральні локомотивної тяги. Загальнотехнічні норми для розрахунку та проектування механічної частини вагонів. К.: Мінекономрозвитку України, 2017. – 189 с.

УДК 629.463.65

ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ ВУЗЛІВ СИЛОВИХ ЕЛЕМЕНТІВ КУЗОВУ НАПІВВАГОНУ

IMPROVEMENT OF STRUCTURAL UNITS OF LOAD-BEARING ELEMENTS OF A GONDOLA WAGON BODY.

*канд. техн. наук, В. О. Шовкун,
аспіранти О. О. Балашов,
Р. О. Мартишко, Є. О. Шульга*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

*V. Shovkun, PhD (Tech.),
O. Balashov, R. Martysko,
E. Shulga, postgraduate students*

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

У практиці вагонобудування приділяється велика увага оцінці завантаженості новостворених та експлуатованих конструкцій.

Найбільш поширеним типом парку вантажних вагонів, що здійснюють перевезення основних видів сировини та виробничих вантажів, є напіввагон. За

даними АТ Укрзалізниця, напіввагон є найбільш пошкоджуваним видом рухомого складу, причому значна частина відмов (~50%) припадає на елементи кузова та рами, серед яких основна кількість відмов (до 70%) припадає на зварні з'єднання. За даними ряду організацій, втомні тріщини починають з'являтися в несучих зварних конструкціях напіввагонів уже через 2-3 роки експлуатації. Роботоздатність відновлених вагонів, як правило, залишається на низькому рівні через низьку якість ремонтних робіт, і, як показує статистика, вже через 3-4 місяці після планового ремонту в напіввагонах з'являються тріщини, переважно в зонах ремонтних зварних швів, які доводиться усувати під час поточного ремонту. Очевидно, що розрахункові схеми кузовів напіввагонів повинні забезпечувати можливість деталізованої оцінки напружено-деформованого стану (НДС) в місцях з'єднання окремих елементів та локальних зонах зварних швів при різних умовах експлуатації.

Отже, завдання удосконалення несучих зварних конструкцій кузова напіввагона на основі уточнених методик розрахунку є актуальним. [1-5].

З метою дослідження на міцність рами та кузова напіввагона від дії сил, що виникають під час експлуатації вагону проведено аналіз напружено-деформованого стану вагону.

При виконанні розрахунку напіввагону моделі 12-532 використаний додатковий модуль SolidWorks Simulation.

Для оцінки напружено-деформованого стану кузова вагона застосовується пакет програм, заснований на методі кінцевих елементів. Отримані епюри напружень при різних розрахункових режимах. Деякі результати приведені на рис. 1.

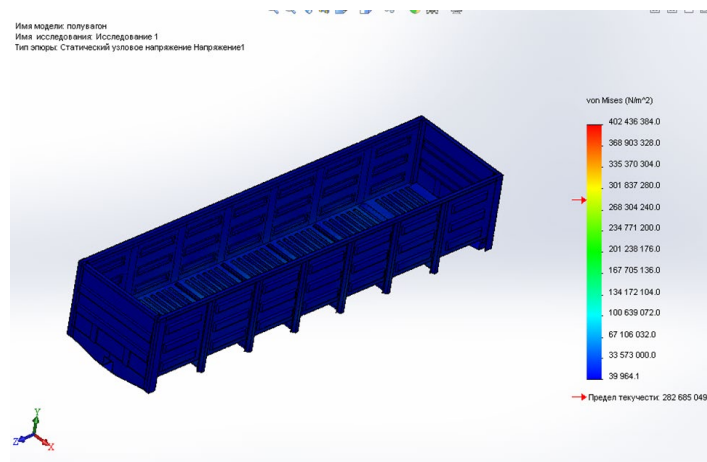


Рис. 1. Напружено-деформований стан напіввагону.

- [1] Швець, А., Швець, А., Касянчук, В. (2020). Дослідження міцнісних характеристик елемента одиниці рухомого складу. Вагонний парк, 1(157), 7–12.
- [2] Гахович, Н. Г. Розвиток вітчизняного вагонобудування та його перспективи. Режим доступу: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/51.pdf>
- [3] Гайдук, Н. О., Пшінько, О. М. (2010). Оновлення рухомого складу як пріоритетний напрямок інвестиційної діяльності «Укрзалізниця». Наука та прогрес транспорту. Вісник ДНУЗТ, 35, 219–222.
- [4] Донченко, А. В. (2013). Стратегія розвитку транспортного машинобудування для залізниць України. Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 139, 16–24.
- [5] Фомін, О. В. (2013). Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва: монографія / О.В. Фомін. Донецьк, ДонІЗТ, УкрДАЗТ, 251.

**ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ
ТОЧНОСТІ ЗВАЖУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ ВАГОНІВ**

**IMPLEMENTATION OF MODERN TECHNOLOGIES TO ENHANCE THE
ACCURACY OF RAILWAY WAGON WEIGHING**

*канд. техн. наук Г. Л. Комарова,
магістрант С. Р. Мартиросян*

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

G. Komarova, PhD (Tech.),

S. Martirosyan, master student

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

З розвитком залізничної індустрії значно зросли вимоги до точності та швидкості зважування вагонів. Це обумовлено не лише економічними факторами, а й необхідністю збереження вантажів та дотримання безпеки перевезень [1].

Актуальність теми впровадження сучасних пристроїв для підвищення точності вимірювання залізничних вагонних вагів обумовлена постійним зростанням обсягів вантажоперевезень і глобалізацією економіки. Залізничні перевезення займають важливе місце у транспортній інфраструктурі більшості країн, і підвищення їх ефективності стає критичним фактором для підтримки економічної стабільності.

Однією з основних технологій, що впливають на точність зважування вагонів, є тензометрія. Тензодатчики, інтегровані в конструкцію рейок або безпосередньо у ваги, дозволяють вимірювати масу вагонів навіть під час руху. Ця технологія забезпечує точні та оперативні результати, що значно спрощує процедуру вимірювання у поточному русі. Такі системи мають мінімальні похибки вимірювання, оскільки тензодатчики реагують на будь-які зміни навантаження, фіксуючи навіть незначні зміни у вазі [2].

Лазерні технології також активно використовуються для вимірювання ваги та об'єму вантажу. Наприклад, лазерні сканери, встановлені над рейками або на самих вагах, дозволяють здійснювати точне вимірювання габаритів вантажу та його розподілу. Це дозволяє уникнути нерівномірного навантаження на вагон, що особливо важливо для довгих поїздів.

Системи динамічного зважування (WIM, від англ. Weigh-In-Motion) дозволяють визначати масу вагонів під час їх руху. Вони стали популярними завдяки своїй здатності значно економити час, оскільки немає потреби зупиняти поїзд для проведення зважування. Сучасні системи WIM використовують спеціальні датчики, що реагують на навантаження та забезпечують точне вимірювання ваги кожного вагона. Наприклад, такі системи встановлені в багатьох європейських країнах та показали себе як ефективний

інструмент для вимірювання великих обсягів вантажів, знижуючи похибку до мінімуму. Окрім економії часу, динамічні системи також дозволяють зменшити витрати на експлуатацію та обслуговування.

Використання інтернету речей (IoT) відкриває нові можливості для моніторингу та управління процесом зважування вагонів. Сучасні вагові системи, підключені до IoT-платформ, дозволяють відстежувати стан датчиків, контролювати вагові показники та збирати дані для аналізу в реальному часі. Наприклад, інтеграція IoT із залізничними вагами дозволяє автоматично передавати дані про вагу кожного вагона до центральної системи, де інформація зберігається, аналізується та використовується для оптимізації логістики. Цей підхід підвищує точність, оскільки системи на основі IoT можуть виявляти та компенсувати вплив зовнішніх факторів, таких як температура чи вологість.

Інноваційне програмне забезпечення для автоматизації процесу зважування дозволяє значно зменшити кількість помилок, що можуть виникати під час обробки даних. Програми для аналізу вагових даних використовують алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання для оцінки отриманих даних, відсіювання неточних результатів і прогнозування навантажень [3].

Точність зважування вагонів має прямий вплив на економічні показники залізничних перевезень. Неправильне зважування може призвести до перевантаження вагонів, що збільшує знос рейок і вагонів, а також підвищує ризик аварій. Точне зважування дозволяє оптимізувати завантаження вагонів, що знижує витрати на обслуговування та ремонт інфраструктури.

Сучасні системи зважування також сприяють зменшенню викидів парникових газів. Оптимізація завантаження вагонів дозволяє зменшити кількість рейсів, необхідних для перевезення вантажів, що, в свою чергу, знижує споживання палива та викиди CO₂.

Сучасні вагові системи можуть бути інтегровані з іншими логістичними та управлінськими системами. Наприклад, дані про вагу можуть автоматично передаватися до систем управління складом (WMS) або систем управління транспортом (TMS), що дозволяє більш ефективно планувати логістичні операції.

У майбутньому можна очікувати подальшого розвитку технологій зважування, таких як використання штучного інтелекту для аналізу даних та прогнозування навантажень. Також можливе впровадження нових матеріалів та сенсорів, які ще більше підвищать точність та надійність вимірювань.

Варто також зазначити приклади успішного впровадження сучасних систем зважування в різних країнах. Наприклад, у Німеччині та Франції активно використовуються системи динамічного зважування, що дозволяють значно підвищити ефективність залізничних перевезень.

Впровадження сучасних технологій для зважування залізничних вагонів значно підвищує точність вимірювань, що дозволяє ефективніше контролювати та оптимізувати логістичні процеси. Завдяки тензодатчикам, системам динамічного зважування, інтернету речей та інноваційним програмним

рішенням, процес зважування стає не лише точним, але й швидким, що є надзвичайно важливим для економічного розвитку залізничної індустрії.

[1] ДСТУ OIML R 106-1:2017 Ваги залізничні платформні автоматичні. Частина 1. Загальні технічні вимоги. Методи випробування (OIML R 106-1:2011, IDT), URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=75931.

[2] Nguyen, T., & Patel, S. (2019). "Comparative analysis of strain gauge accuracy". *Sensors and Actuators A: Physical*, 192(5), 167-179.

[3] Програмне забезпечення для автомобільних ваг АРМ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vis.ua/product/13-programmnoe-obespechenie-arm/>.